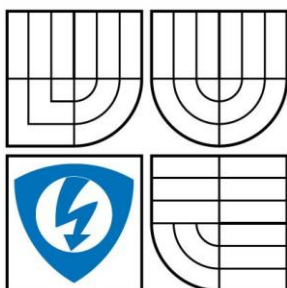


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

NÁVRH ANALÝZY SÍTĚ CISCO ANALYZÁTOREM VEPAL TX300

DESIGN OF CISCO NETWORK ANALYSIS BY VEPAL TX300 ANALYZER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

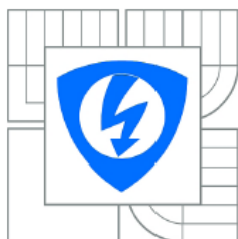
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ ŤÁPAL

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. VLADISLAV ŠKORPIL, CSc.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Tomáš Āápal
Ročník: 3

ID: 119641
Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Návrh analýzy sítě CISCO analyzátozem VePAL TX300

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

V Laboratoři vysokorychlostních komunikačních systémů máme k dispozici síť tvořenou síťovými prvky CISCO a nově zakoupené analyzátory sítě VePAL TX 300 a SunSet MTT. Seznamte se s konfigurací a vlastnostmi sítě CISCO a s využitím analyzátozů. Navrhněte laboratorní úlohu, která bude analyzovat síť CISCO pomocí analyzátozu VePAL TX300 a SunSET MTT a další dvě laboratorní úlohy využívající další funkce analyzátozu VePAL TX300. Vytvořte manuál k analyzátozu VePAL TX300. Materiály budou využity pro předmět Služby telekomunikačních sítě.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] VeEX. Manuál k VePAL TX300. VeEX, Santa Clara USA, 2010.
- [2] PUŽMANOVÁ, R. Moderní komunikační sítě A-Z. Computer Press, Brno 2007.
- [3] ŠKORPIL, V. Digitální komunikační technologie. UTKO, Brno 2002.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 2.6.2011

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladislav Škorpil, CSc.

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se skládá z popisu laboratorní sítě Cisco, možnostech analýzy sítí pomocí analyzátorů VePAL TX300 a SunSET MTT, vytvoření manuálu k analyzátoru VePAL TX300 a návrhu tří laboratorních úloh. První úloha analyzuje přenosové parametry laboratorní sítě Cisco. Druhá úloha porovnává parametry dvou rozdílných typů směrovačů. Ve třetí úloze jsou analyzovány služby VoIP a IPTV, zejména kvalitativní parametry.

Abstrakt

This bachelor's work consists of describing the network Cisco, possibilities of network analysis with analyzer VePAL TX300 and Sunset MTT, creation of manual for the analyzer VePAL TX300 and draft three laboratory exercises. The first exercise analyzes transmission parameters of the network Cisco. The second exercise compares parameters of two different types of routers. The third exercise analysis VoIP and IPTV services, especially qualitative parameters.

Klíčová slova

analýza, síť Cisco, analyzátor VePAL, RFC 2544, přenosové parametry, laboratorní úloha, Ethernet, směrovač, VoIP, IPTV

Keywords

analysis, network Cisco, analyzer VePAL, RFC 2544, transmission parameters, laboratory exercise, Ethernet, router, VoIP, IPTV

ŽÁPAL, T. Návrh analýzy sítě CISCO analyzátozem VePAL TX300. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 72 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vladislav Škorpil, CSc..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Návrh analýzy sítě CISCO analyzátozem VePAL TX300“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 31. května 2011

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Vladislavovi Škorpilovi, CSc. za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Také děkuji Ing. Michalovi Polívkovi za cenné náměty k bakalářské práci.

V Brně dne 31. května 2011

.....

podpis autora

OBSAH

ÚVOD	10
1 SÍŤ CISCO	11
1.1 Vybavení.....	11
1.2 Topologie	13
1.3 Technologie MPLS.....	16
2 ANALÝZA SÍTÍ.....	18
2.1 Analyzátor VePAL TX300	18
2.2 Test dle RFC 2544.....	21
2.3 Testování bitové chybovosti	24
2.4 Testování propustnosti	24
2.5 Další funkce	25
2.6 Analyzátor SunSet MTT.....	26
3 NAVRŽENÉ LABORATORNÍ ÚLOHY	27
3.1 Laboratorní úloha: Analýza sítě dle RFC 2544	27
3.2 Laboratorní úloha: Porovnání výkonnosti směrovačů.....	32
3.3 Laboratorní úloha: Analýza VoIP spojení a IPTV vysílání	38
4 ZÁVĚR	46
5 POUŽITÁ LITERATURA.....	47
6 SEZNAM ZKRATEK	51
7 SEZNAM PŘÍLOH.....	53
8 OBSAH CD	54
A VZOROVÝ PROTOKOL: ANALÝZA SÍTĚ DLE RFC 2544.....	55
B VZOROVÝ PROTOKOL: POROVNÁNÍ VÝKONNOSTI SMĚROVAČŮ	61
C VZOROVÝ PROTOKOL: ANALÝZA VOIP SPOJENÍ A IPTV VYSÍLÁNÍ	66

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1: Plán rozmístění zařízení v rozvaděči	13
Obrázek 1.2: Logická topologie sítě Cisco.....	15
Obrázek 1.3: Logická topologie sítě sloužící pro dohled.....	16
Obrázek 2.1: Porty analyzátoru VePAL TX300.....	18
Obrázek 2.2: Analyzátor VePAL TX300	19
Obrázek 2.3: Zapojení analyzátoru pomocí jednoho portu	20
Obrázek 2.4: Zapojení analyzátoru pomocí dvou portů	20
Obrázek 2.5: Zapojení analyzátoru v režimu zachytávání provozu	21
Obrázek 2.6: Analyzátor SunSet MTT	26
Obrázek 3.1: Zapojení analyzátorů do sítě	27
Obrázek 3.2: Informace o přidělené IP adrese	29
Obrázek 3.3: Obslužný program ReVeal MTX300	31
Obrázek 3.4: Zapojení druhé laboratorní úlohy.....	32
Obrázek 3.5: Zjednodušené schéma iptables	34
Obrázek 3.6: Rozhraní směrovače Cisco 1812	35
Obrázek 3.7: Zapojení třetí laboratorní úlohy	38

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.1: Směrovače v síti Cisco	11
Tabulka 1.2: Zapojení portů přepínače	14
Tabulka 3.1: Doporučené parametry testu RFC 2544	30
Tabulka 3.2: Stupnice MOS dle [4].....	39
Tabulka 3.3: Porovnání MOS a R-faktoru	40
Tabulka 3.4: Požadavek na šířku pásma v závislosti na kompresi a formátu obrazu	41

ÚVOD

Úkolů v rámci této bakalářské práce je několik. První kapitola se věnuje úkolu seznámení s vlastnostmi a konfigurací sítě tvořené síťovými prvky Cisco umístěné v laboratoři PA-429 nazývanou jako „sít Cisco“.

Úkolu zjištění možností využití analyzátorů VePAL TX300 a SunSET MTT se zabývá kapitola 2 a to zejména možnostem analyzátoru VePAL, jehož hlavní funkcí je analýza síťových parametrů. Manuál k analyzátoru VePAL TX300 je v elektronické podobě umístěn na přiloženém CD.

Funkce analýzy síťových parametrů je využita v první ze tří navržených laboratorních úloh, ve které je provedena analýza přenosových parametrů sítě Cisco. Ve druhé laboratorní úloze jsou porovnávány přenosové parametry odlišně řešených směrovačů. V poslední, třetí laboratorní úloze jsou analyzovány služby VoIP a IPTV a to zejména kvalitativní parametry v závislosti na emulovaných síťových parametrech. Všechny tři laboratorní úlohy jsou popsány v kapitole 3 a v přílohách jsou zpracovány vzorové protokoly.

1 SÍŤ CISCO

Síť Cisco se nachází v laboratoři vysokorychlostních systémů, místnost PA-429 v budově Ústavu telekomunikací.

1.1 Vybavení

Síť je tvořena devíti směrovači Cisco, 7x řady 2821, 1x řady 871 a 1x 1812, přepínačem Cisco 2960G, směrovačem Cisco 1841 nakonfigurovaným jako konzolový server, třemi IP telefony 7975G a počítačem. [28]

Přepínač

Přepínač Cisco 2960G, přesněji model WS-C2960G-48TC-L obsahuje 48 portů, 20 Ethernet 10/100/1000 portů a 4 Ethernet 10/100/1000 SFP porty. Netypické řešení v podobě přepínače, přes který jsou vedeny všechny propojení mezi prvky, umožňuje vzdáleně měnit topologii sítě prostřednictvím rekonfigurování VLAN na přepínači. [28]

Směrovače

Základ použitých směrovačů v síti tvoří řada Cisco 2821 s dvěma integrovanými GigabitEthernet rozhraními a dalšími rozšiřujícími moduly, které jsou uvedeny v tabulce 1.1. [1]

Tabulka 1.1: Směrovače v síti Cisco

Název	Řada	Rozšiřující moduly
P1, P2, PE1, PE2	Cisco 2821	2x HWIC-2FE, HWIC-1GE-SFP
CE-VoIP	Cisco 2821	HWIC-4ESW-POE, VIC2-2BRI-NT/TE, VWIC2-2MFT-G703, NM-CEM-4E1
CE-E1	Cisco 2821	HWIC-4ESW-POE, NM-CEM-4E1
CE	Cisco 2821	HWIC-4ESW-POE
CE2	Cisco 871	
CE3	Cisco 1812	

Modul **HWIC-2FE** obsahuje dva FastEthernet porty, které podporují standardy 10BASE-T a 100-BASE-TX jako konektor je použit RJ-45.

Modul **HWIC-1GE-SFP** tvoří jeden GigabitEthernet SPF slot, podporující standardy 1000BASE-T, 1000BASE-SX, 1000BASE-LX/LH, 1000BASE-ZX a 1000BASE-CWDM dle použitého SPF modulu. [10]

Modul **HWIC-4ESW-POE** je čtyřportový Ethernet přepínač s podporou PoE pro zařízení, která jsou k přepínači připojena. V této síti se takto napájí IP telefony. Modul podporuje standard 100BASE-T. Jako konektory jsou použity RJ-45. [9]

Modul **VIC2-2BRI-NT/TE** umožňuje přímé připojení do telefonní sítě. V modulu jsou obsaženy dvě ISDN BRI rozhraní typu TE/NT zajišťující možnost propojení sítě IP se sítí ISDN, ale pouze pro hlasové služby. Konektor je použit RJ-45. [7]

Modul **VWIC-2MFT-G703** umožňuje integrovat datové a hlasové služby do jednoho datového toku, který je pak možno přenášet pomocí rámce E1/T1. Jako konektor rozhraní je použit RJ-48. [8]

Modul **NM-CEM-4TE1** umožňuje emulaci okruhů v IP síti. Obsahuje čtyři rozhraní E1/T1, připojitelné skrze RJ-48 konektory. [1]

Konzolový server

Konzolový server tvoří směrovač Cisco řady 1841, který obsahuje dva moduly HWIC-8A, na kterém jsou prostřednictvím sériové linky připojeny konzolové porty jednotlivých směrovačů. Tímto řešením je umožněn přístup ke směrovačům z jednoho místa a lze je spravovat nezávisle na funkčnosti Ethernet rozhraní. Ke konzolovému serveru se připojuje přes zabezpečený SSH protokol. [1]

IP telefony

Představují tři Cisco 7975G IP telefony, které jsou napájeny prostřednictvím PoE. Jako ústřednu používají Cisco Call Manager Express, kterým jsou vybaveny směrovače CE-E1 a CE-VoIP. [28]

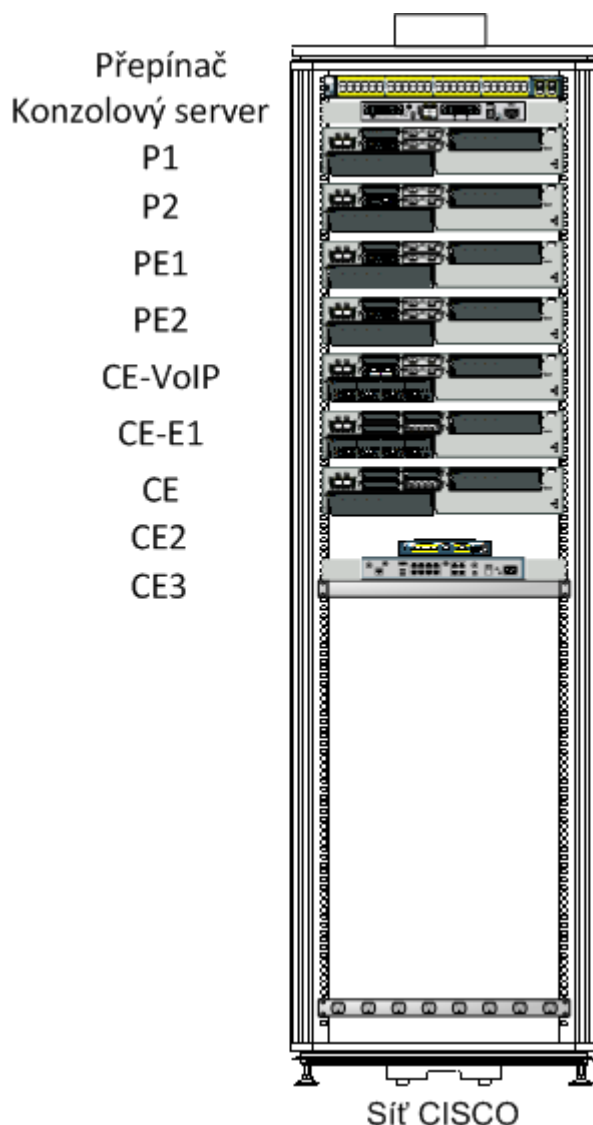
Počítače

Na počítači pomocí virtualizačního software jsou vytvořeny dva virtuální počítače s operačním systémem Linux a Windows XP. Na tyto počítače se připojuje vzdáleně. V případě Linuxu pomocí SSH protokolu a v případě Windows XP skrze vzdálenou plochu. Na počítači s Windows XP jsou nainstalována aplikace Cisco Network Assistant a aplikace Cisco Configuration Professional sloužící jako dohledový systém a systém správy konfigurací. [28]

1.2 Topologie

1.2.1 Fyzická topologie

Mimo IP telefony jsou veškeré síťové prvky umístěny v rozvaděči (rack). Plán rozmístění zařízení je na obrázku 1.1.



Obrázek 1.1: Plán rozmístění zařízení v rozvaděči

Tabulka 1.2 popisuje, jak jsou připojeny porty přepínače a do jaké virtuální LAN (VLAN) jsou nakonfigurovány, vytváří tak fyzickou topologii sítě. [28]

Virtuální LAN číslo 1 je určena k vymezení sítě určené pro dohled, VLAN v rozsahu 10 až 16 definují fyzickou topologii výukové MPLS sítě a VLAN číslo 18 slouží k připojení IP telefonů prostřednictvím patch panelu a horizontální strukturované kabeláže.

Tabulka 1.2: Zapojení portů přepínače

Port přepínače	Připojeno na			Port přepínače	Připojeno na		
	Zařízení	Port	VLAN		Zařízení	Port	VLAN
GE0/1	P1	GE0/0	1	GE0/25	P2	FE0/0/1	14
GE0/2	P2	GE0/0	1	GE0/26	PE2	FE0/0/1	14
GE0/3	PE1	GE0/0	1	GE0/27	PE1	FE0/2/0	15
GE0/4	PE2	GE0/0	1	GE0/28	CE-E1	GE0/1	15
GE0/5	CE-VOIP	GE0/0	1	GE0/29	PE2	FE0/2/0	16
GE0/6	CE-E1	GE0/0	1	GE0/30	CE-VOIP	GE0/1	16
GE0/7	CE	GE0/0	1	GE0/31	PE2	FE0/2/1	17
GE0/8	Konzolový server		1	GE0/32	CE	GE0/1	17
GE0/9	Dohled		1	GE0/33	CE2	FE0	1
GE0/10	nepřipojeno		1	GE0/34	CE3	FE2	1
GE0/11	CE2	WAN	1	GE0/35	nepřipojeno		1
GE0/12	CE3	FE0	1	GE0/36	nepřipojeno		1
GE0/13	PC	výzkum	1	GE0/37	6B	patchpanel	18
GE0/14			1	GE0/38	6A	patchpanel	18
GE0/15	PC	výzkum	1	GE0/39	3B	patchpanel	18
GE0/16			1	GE0/40	3A	patchpanel	18
GE0/17	P1	FE0/0/0	10	GE0/41	nepřipojeno		1
GE0/18	PE1	FE0/0/0	10	GE0/42	CE-VOIP	Vlan1	18
GE0/19	P1	FE0/0/1	11	GE0/43	CE-E1	Vlan1	1
GE0/20	PE2	FE0/0/0	11	GE0/44	CE	Vlan1	1
GE0/21	P2	FE0/0/0	12	GE0/45	nepřipojeno		1
GE0/22	PE1	FE0/0/1	12	GE0/46	nepřipojeno		1
GE0/23	P1	FE0/2/0	13	GE0/47	nepřipojeno		1
GE0/24	P2	FE0/2/0	13	GE0/48	nepřipojeno		1

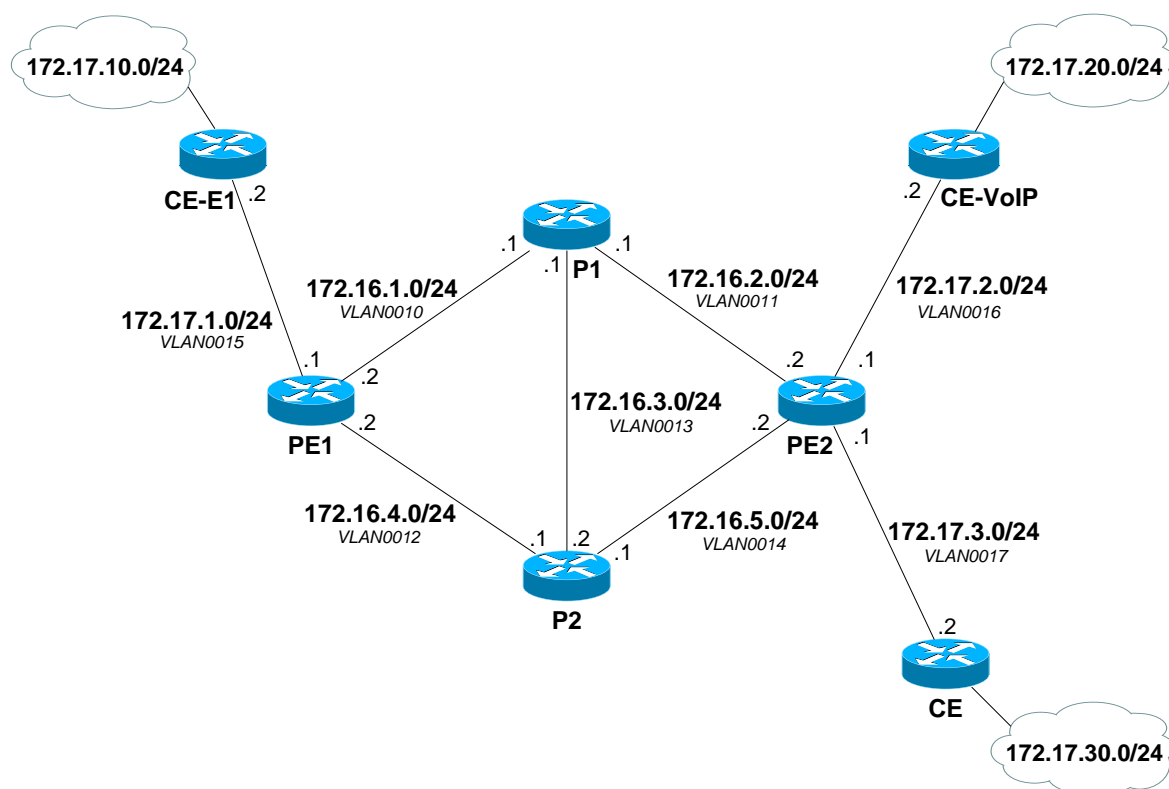
1.2.2 Logická topologie sítě

Obrázek 1.2 představuje model obsahující síť poskytovatele, přístupovou síť a síť zákazníka.

Síť poskytovatele je páteřní síť rozdělená na 5 podsítí, ve které jsou směrovače P1, P2, PE1, PE2. V této síti je spuštěn směrovací protokol OSPF, jelikož jsou směrovače propojeny pomocí FastEthernet rozhraní, tak je metrika (cena) linek stejná. V této síti je také aplikována technologie MPLS, která je podrobněji vysvětlena v kapitole 1.3.

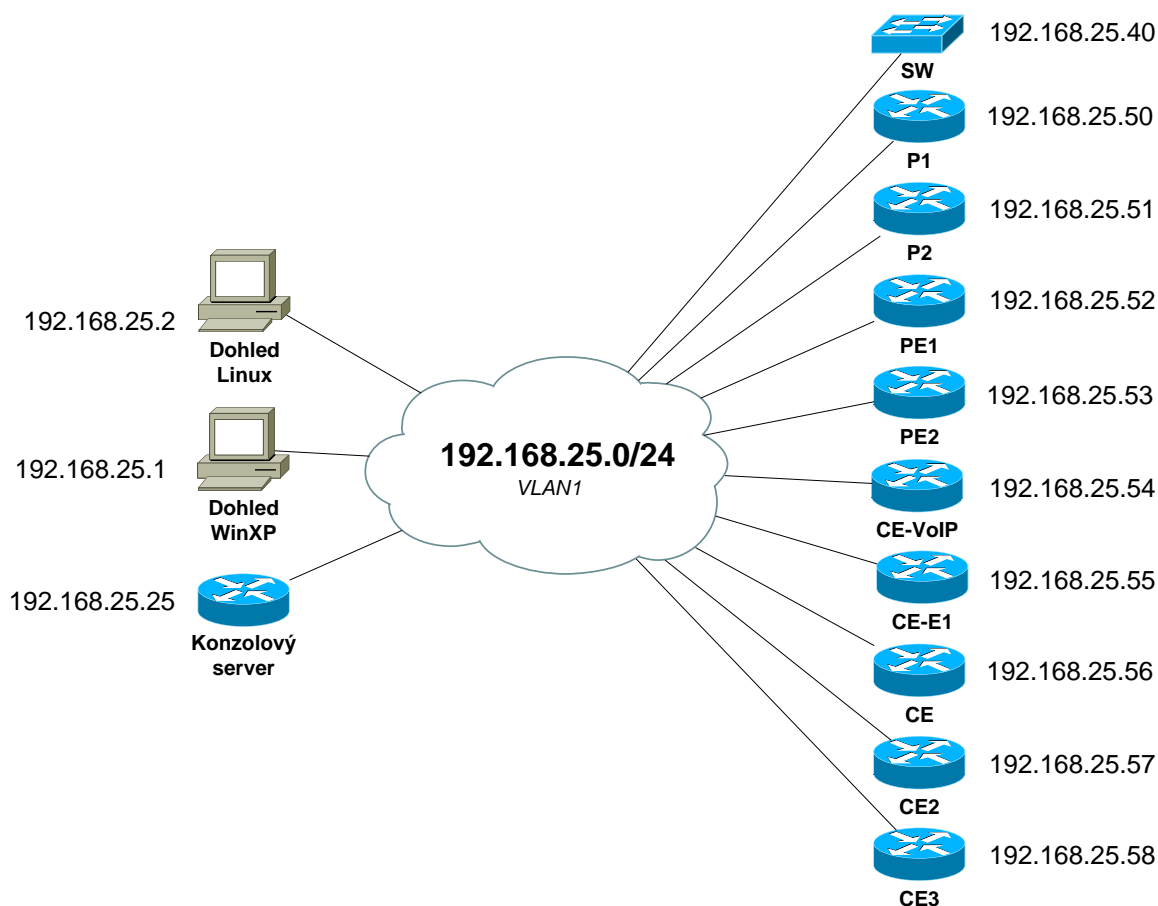
Přístupová síť do sítě poskytovatele je definována mezi směrovači PE1 – CE-E1 (síť 172.17.1.0/24), PE2 – CE-VoIP (síť 172.17.2.0/24) a PE2 – CE (síť 172.17.3.0/24).

Síť zákazníka je tvořena směrovači CE, CE-E1, CE-VoIP, tj. sítě 172.17.10.0/24, 172.17.20.0/24 a 172.17.30.0/24. Směrovací protokol v síti zákazníka i v přístupové síti je EIGRP. [2], [28]



Obrázek 1.2: Logická topologie sítě Cisco

Síť 192.168.25.0/24, která je na obrázku 1.3, je určena pro dohled. Do této sítě jsou připojeny všechny aktivní prvky sítě a používá se pro údržbu a monitoring sítě, například pro nahrávání nebo zálohu konfigurací pomocí programu Cisco Network Assistant nebo nahrávání nových verzí operačního systému Cisco IOS. [28]



Obrázek 1.3: Logická topologie sítě sloužící pro dohled

1.3 Technologie MPLS

Směrování paketů v sítích IP probíhá porovnáním cílové IP adresy obsažené v hlavičce paketu a směrovací tabulky, tím je nalezena adresa následujícího uzlu nebo odchozího rozhraní. [38]

V síti Cisco je implementován přepínací protokol MPLS, který směruje pakety na základě návěští (label) obsaženého v MPLS hlavičce vložené před hlavičku paketu. Toto řešení umožňuje směrovačům rozhodovat se dle více kritérií, jako jsou požadavky na kvalitu služeb nebo požadavky na soukromí zákazníků (vytváření virtuálních privátních sítí) připojených na MPLS síť. Používá se také k integraci IP a ATM technologií. Předností je také jednodušší přepínací algoritmus, než je směrovací u IP protokolu. MPLS nelze přesně zařadit do konkrétní vrstvy referenčního modelu OSI, proto je někdy označován jako „protokol 2,5 vrstvy“. [26], [27], [32]

1.3.1 MPLS VPN

Virtuální privátní síť na základě MPLS je využita i v síti Cisco, obecně je využívána k provozování privátních síťových služeb na veřejné infrastruktuře, zajišťuje bezpečnost a soukromí, řeší překrývající se adresní rozsahy a další.

Rozlišují se tři typy směrovačů:

- a) **CE** – Customer Edge směrovač slouží k připojení zákazníků k poskytovateli, s MPLS technologií vůbec nepracuje.
- b) **PE** – Provider Edge směrovač je součástí sítě poskytovatele a tvoří rozhraní k směrovačům CE, používá MPLS směrem do páteře (k P směrovačům) a směrovací protokol směrem k CE směrovačům.
- c) **P** – Provider je směrovač tvořící MPLS páteřní síť.

Základní princip je takový, že zákazníci skrze CE směrovač generují pakety bez návěští, směrovač PE poté doplní MPLS návěští, další směrovače v MPLS páteřní síti označované jako P paket podle návěští směrují a jiný hraniční směrovač PE návěští odstraní a ke směrovači CE již pakety dorazí bez MPLS hlavičky. To znamená, že síť zákazníka o MPLS v konečném důsledku vůbec neví. [26]

2 ANALÝZA SÍTÍ

Pod pojmem analýza sítí je nejčastěji popisována analýza síťového provozu, tj. zachytávání a analýza obsahu paketů přenášejících v síti pomocí vhodného hardwarového nebo softwarového vybavení.

Jelikož hlavní funkcí analyzátoru VePAL TX300 je analýza (měření, testování) přenosových parametrů, proto se tato bakalářská práce bude zabývat měřením přenosových parametrů sítě. Mezi tyto parametry patří například propustnost, zpoždění, ztrátovost rámců nebo bitová chybovost.

Tyto parametry se měří z důvodu ověření kvality služeb, která může být mezi dodavatelem a zákazníkem sjednána v dohodě o úrovni služeb (SLA), která definuje rozsah a úroveň služeb poskytovaných dodavatelem zákazníkovi. [30]

2.1 Analyzátor VePAL TX300

Jedná se o analyzátor přenosových parametrů první až čtvrté vrstvy (dle modelu OSI) transportních sítí. Dokáže analyzovat síť OTN, PDH, SDH, Fiber Channel a Ethernet síť. Tato práce se zabývá analýzou přenosových parametrů v sítích pracujících na technologii Ethernet.

Analyzátor obsahuje celkem pět portů pracujících s touto technologií a to dva 10/100/1000Base-T porty (pro konektor RJ-45), dva 1000Base-X SFP porty a jeden Ethernet port (konektor RJ-45) pro vzdálenou správu. [42]



Obrázek 2.1: Porty analyzátoru VePAL TX300



Obrázek 2.2: Analyzátor VePAL TX300

2.1.1 Možnosti analyzátoru

Hlavními funkcemi je měření přenosových parametrů, což je měření dle standardu RFC 2544, měření propustnosti a měření bitové chybovosti (BERT). Analyzátor dále podporuje funkce ping, traceroute, ARP, Web test, FTP test, zachytávání paketů, analýza bezdrátových sítí Wifi, analýzu IPTV vysílání, analýzu IP telefonie (VoIP). Tyto možnosti jsou podrobněji popsány v dalších kapitolách. [42]

2.1.2 Varianty měření

Symetrické měření (ve smyčce)

Testování probíhá tak, že jedno ze zařízení vysílá a zároveň přijímá testovací rámce i vyhodnocuje měření. Druhé zařízení pouze smyčkuje, zaměňuje MAC adresy na druhé vrstvě. V případě měření na vrstvě třetí zaměňuje zdrojovou a cílovou IP adresu. Pokud měření probíhá na čtvrté vrstvě, tak se zaměňuje UDP nebo TCP porty. Nevýhodou je, že výsledky měření jsou závislé na pomalejším směru. [31], [24]

Asymetrické měření (end-to-end)

V tomto případě je každý směr měřen zvlášť (v každém směru se generuje a současně analyzuje). Každému směru lze nastavit rozdílné parametry měření. Výsledky měření jsou pro každý směr zvlášť. Lépe se tak vyhledává, v jakém směru nastal problém. Vhodné pro ADSL linky, které mají asymetricky rozdílné rychlosti. [24], [35]

2.1.3 Varianty zapojení analyzátoru

Zapojení pro měření přenosových parametrů – jeden testovací port

V tomto zapojení je využit jeden 10/100/1000BASE-T port. Tato varianta měření se v analyzátoru volí pomocí tlačítka Test Port a nazývá se „Single Copper port 1GE“.

Na druhé straně měřené sítě musí být zařízení (pokud měření probíhá na druhé nebo vyšší vrstvě modelu OSI) a to testovací sonda nebo druhý analyzátor. Pokud bude na druhé straně sítě sonda (například testovací sonda MLX100 spolupracující s analyzátozem), tak lze měřit pouze symetricky (do smyčky) viz předchozí kapitola. Pokud je místo smyčky použit další analyzátor, lze měřit i asymetricky. Variantu zapojení se sondou znázorňuje obrázek 2.3. [24]

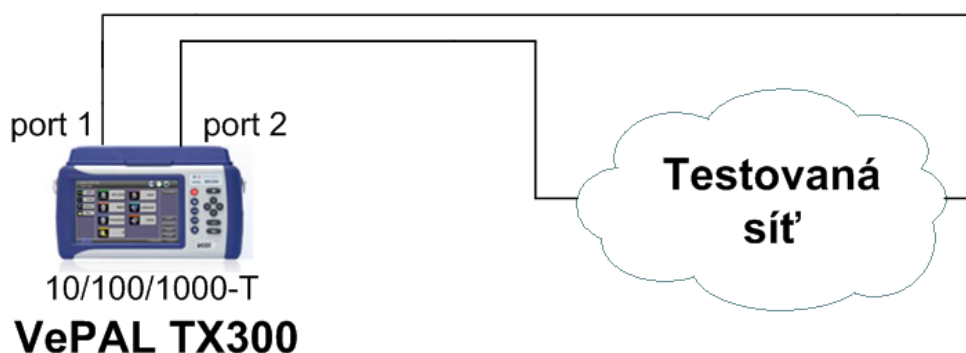


Obrázek 2.3: Zapojení analyzátoru pomocí jednoho portu

Zapojení pro měření přenosových parametrů – dva testovací porty

Při využití dvou testovacích 10/100/1000BASE-T portů, musí být nastaveno „Dual Copper port 1GE“ pomocí tlačítka Test Port. V tomto zapojení není potřeba druhý analyzátor, ani testovací sonda. Lze provádět symetrické i asymetrické měření.

V praxi je tento způsob málo aplikovatelný, protože testovaná síť musí být koncentrována na malém prostoru, aby oba porty šly připojit na konce testované sítě. Tento způsob měření je využit při měření sítě Cisco v laboratoři. Zapojení znázorňuje obrázek 2.4. [24]

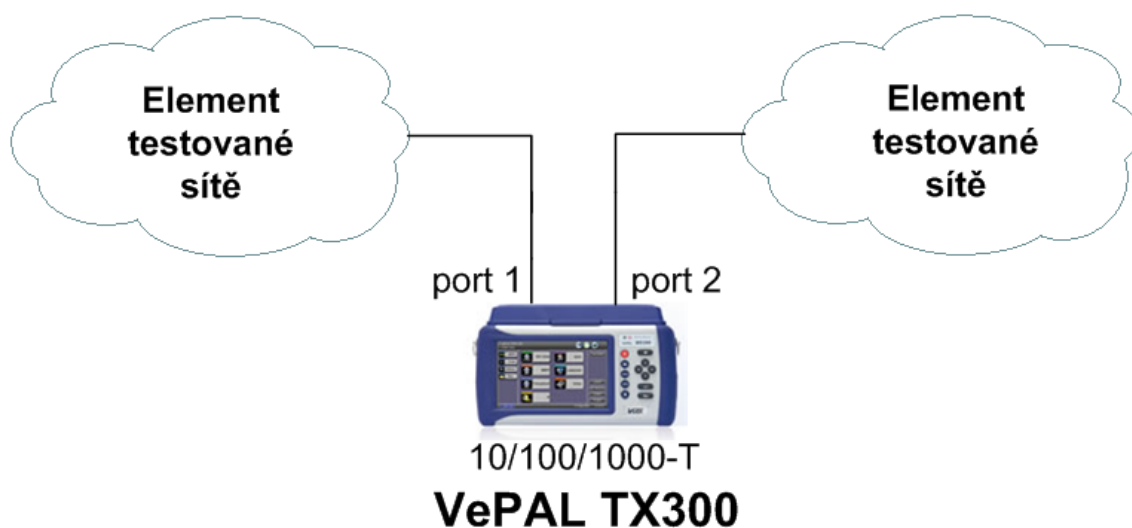


Obrázek 2.4: Zapojení analyzátoru pomocí dvou portů

Zapojení vhodné pro zachytávání provozu

Zapojení, anglicky nazývané „Pass Through Monitor“ se používá k zachytávání paketů s následnou analýzou provozu, kdy provoz prochází z jednoho elementu sítě do druhého elementu sítě skrze porty 10/100/1000-T. Analyzátor detekuje chyby v přenosu, složení provozu v síti, zpoždění a rychlost v rámcích za sekundu (FPS) a v megabitech za sekundu (Mbps).

Tento režim se aktivuje pomocí tlačítka Test Port a zaškrtnutím volby „Pass Through Monitor Copper 1GE“. Režim je vhodný pro analýzu na rozhraní sítě zákazníka a poskytovatele. [35], [42]



Obrázek 2.5: Zapojení analyzátoru v režimu zachytávání provozu

2.2 Test dle RFC 2544

RFC 2544 je dokument vytvořený organizací IETF, nazývajícím se „Benchmarking Methodology for Network Interconnect Device“.

Jedná se o standard určující metodologii srovnávacích měření pro kvalifikaci síťových prvků. V souvislosti s tímto testem je dále v textu zmiňováno o rámcích, protože standard byl původně navržen pro testování přepínačů, které pracují s rámci. Standard definuje měření propustnosti, zpoždění, ztrátovosti rámců a zatížitelnosti. V rámci měření zpoždění se také provádí měření kolísání zpoždění, které není definované ve standardu. Test se provádí pro standardní délky rámců 64 B, 128 B, 256 B, 512 B, 1024 B, 1280 B a 1518 B.

Slouží pro kontrolu dohody o úrovni služeb (SLA), i když v dnešní době zdaleka neřeší všechny parametry, které mohou být dohodnuté v SLA. Měření může být časově náročné. Nástupcem je standard EtherSAM a také ITU-T Y.1564. [29], [30], [31], [36]

Dle rozsahu měření analyzátor umožňuje zvolit dva typy měření RFC 2544:

Standard RFC 2544

Je standardní měření dle standardu RFC 2544, ale dobu jednotlivých měření a počet opakování lze měnit. Pokud jsou dodrženy doby i počty opakování definované ve standardu, měření může být dlouhé i několik hodin. [24], [42]

Advanced SLA Verification

Tento výrobcem VeEX vyvinutý typ měření rozšiřuje standard o více nastavitelných možností. Jednou z možností je vytvářet provoz o definované šířce pásma a velikosti, který bude přenášen sítí na pozadí při vlastním měření. Lze definovat až 7 odlišně nastavených toků. Používá se při ověřování specifitějších SLA v souvislosti s kvalitou služeb a ověřování mechanismů kvality služeb. [24], [42]

Test RFC 2544 se skládá z těchto měření:

Měření propustnosti

Měřením se zjišťuje maximální počet rámců za sekundu (tedy i maximální přenosová rychlost), při kterém nenastane chyba, ani ztráta rámců.

Měření začíná na maximální přenosové rychlosti, poté se porovnává počet vyslaných a přijatých rámců. Pokud nastane chyba nebo ztráta rámce, přenosová rychlost se sníží na polovinu a měření je opakováno. Jestliže při této snížené přenosové rychlosti chyba zaznamenána není, přenosová rychlost se zvýší o polovinu rozdílu přenosové rychlosti, při které se měřilo v posledním a předposledním kroku a měření se opakuje znovu. Tímto postupem se určí propustnost sítě. Maximální propustnost se určuje pro každou délku rámce zvlášť.

Výsledkem je tabulka uvádějící maximální propustnost v rámcích za sekundu (FPS), megabitech za sekundu (Mbps) a procentech pro každou měřenou délku rámce. A také graf znázorňující procentuální propustnost v závislosti na délce rámce. [5], [12], [14], [36]

Při vyjádření propustnosti v procentech je nutné vědět, že pro každou délku rámce se vychází z jiného základu maximální propustnosti. Je to z důvodu zohlednění nutnosti dodržovat mezery mezi rámci (mezirámcovou mezeru), kterou vzniká nevyužitý prostor. Toto hledisko se nejvíce projevuje u menších délek rámců, protože je přenášeno nejvíce rámců a tím vzniká i nejvíce mezirámcových mezer. Například pro 64 B rámec je maximální propustnost 76,19 Mbps, ale pro 512 B rámec je již 96,24 Mbps.

Měření zpoždění

Rozlišují se dva typy zpoždění a to jednosměrné a obousměrné. Jednosměrné zpoždění je čas, který uplyne mezi odesláním paketu zdrojem a jeho přijetím v cíli.

Obousměrné zpoždění zahrnuje čas cesty rámce tam i zpět a navíc i čas potřebný pro zpracování v cíli. Obousměrné zpoždění se též nazývá jako „Round-Trip Time“ a používá se častěji, protože je lépe měřitelné z jednoho místa. Cílem měření je získat velikost obousměrného zpoždění.

Standardně dle RFC 2544 se měření provádí tak, že se vytváří provoz o maximální propustnosti, při které nedochází k chybě, ani ztrátě rámce (tj. vychází z výsledků získaných při měření propustnosti), po dobu dvou minut, během které se měří zpoždění. Měření se musí opakovat pro každou délku rámce 20x. Standardní doba měření je tedy 280 minut (20x opakování 2 minutového testu pro 7 různých délek rámců). Výsledné zpoždění je průměrem těchto dvaceti měření. [5], [12]

Zpoždění má velký vliv na služby v reálném čase. Vysoké hodnoty mají za následek degradaci kvality přenosu hlasu a videa (mezery ve spojení, ztráta signálu).

Výsledek měření je reprezentován tabulkou udávající hodnotu zpoždění při procentně vyjádřené propustnosti pro každou délku rámce a grafem závislosti zpoždění na délce rámce. [14], [36]

Měření ztrátovosti rámců

Měření začíná generováním provozu o přenosové rychlosti, která využívá propustnost sítě na 100 % a zjišťuje se, zda se ztrácejí rámce. Pokud ano, snižuje se přenosová rychlost a měření je opakováno, dokud není docíleno nulové ztrátovosti rámců. Nižší rychlosti pak již nejsou testovány a předpokládá se u nich nulová ztrátovost. Měření je opakováno pro každou délku rámce. [5], [12]

Měření charakterizuje schopnost sítě pracovat s různou délkou rámců. Výsledek je reprezentován grafem, kde procentně vyjadřuje závislost ztracených rámců na procentně vyjádřené přenosové rychlosti. Odlišné délky rámců jsou odlišeny barvou. [14], [36]

Měření zatížitelnosti

Měření stanovuje maximální počet rámců odeslaných a přijatých s minimální mezirámcovou mezerou při maximální přenosové rychlosti v určeném časovém intervalu. Parametr je znám pod názvy dávkový mód, bustability nebo back-to-back.

Dle standardu měření probíhá tak, že se odesílají rámce s minimální mezirámcovou mezerou a porovnává se počet odeslaných a přijatých rámců, jestliže se žádný rámec neztratil, zvýší se shluk rámců a měření se opakuje. Naopak, pokud došlo k ztrátě rámců, délka shluku se sníží. Výsledná hodnota je počet rámců nejdelšího shluku bez ztráty rámce, která charakterizuje vyrovnávací kapacitu sítě. Zkušební délka trvání shluku musí být nejméně 2 sekundy a měla by být opakována minimálně 50x.

Výsledek je reprezentován tabulkou s průměrným počtem rámců pro každou měřenou délku rámce. [14], [36]

Kolísání zpoždění

I když tento parametr není ve standardu RFC 2544 definován, analyzátor tento parametr určit dokáže v rámci měření zpoždění.

Kolísání zpoždění znamená kolísání času příchodu rámců (změna zpoždění rámců), která vzniká při průchodu rámce sítě. Je udáván pro každou délku rámce. Parametr je důležitý pro sítě, které přenášejí informace náchylné na zpoždění jako je přenos hlasu (VoIP) nebo videa (IPTV), kde by kolísání zpoždění mělo být co nejmenší. [12], [14]

2.3 Testování bitové chybovosti

Bitová chybovost udává poměr chybně přijatých bitů k celkovému počtu přijatých bitů za dobu měření. Z bitové chybovosti si lze vytvořit představu, jak často je rámec opětovně vysílán z důvodu vzniku chyby v něm.

Testování je podporováno na první, druhé a třetí vrstvě modelu OSI. Jako výplň rámce lze volit různé druhy pseudonáhodných bitových posloupností (PRBS) nebo lze zvolit, že všechny bity v části rámce data budou nabývat hodnot 0 nebo 1.

Během měření lze vkládat chyby ručně pomocí funkce „Error Injection“, která vloží chybu do kontrolního součtu rámce nebo do kontrolního součtu hlavičky IP paketu, popřípadě pouze bitovou chybu.

Za přijatelnou bitovou chybovost lze považovat hodnoty 10^{-9} a menší. Pokud je bitová chybovost horší než 10^{-6} , přenosová cesta se stává pro přenos dat nepoužitelná. Pokud je chybovost horší než 10^{-3} , tak se stává nepoužitelná i pro přenos hlasu. [33], [37], [42]

2.4 Testování propustnosti

Testování propustnosti pracuje stejně jako v rámci měření dle standardu RFC 2544, popsaného v kapitole 2.2. V tomto případě, ale nabízí rozšířené možnosti nastavení. Tím je možnost vytvořit více testovacích toků o nastavitelném procentním podílu z celkové propustnosti. Lze specifikovat charakteristiku průběhu testu, zda bude po celou dobu přenosová rychlost konstantní nebo zda bude ve tvaru rampy, případně generována v dávkách.

V rámci výsledů testu lze zjistit vzniklé chyby (například v kontrolních součtech), alarmy (například alarm ztráty synchronizace), složení provozu, zpoždění nebo kolísání zpoždění.

2.5 Další funkce

2.5.1 Ping

Slouží k zjištění dostupnosti cílového uzlu. Prověření funkčnosti spojení na síťové vrstvě modelu OSI. Analyzátor vyšle paket ICMP echo request, cílový uzel paket obdrží a odpoví paketem ICMP echo reply. Při úspěšném obdržení paketu analyzátor vypíše délku zpoždění a TTL. [41], [42]

2.5.2 Traceroute

Funkce se využívá k základní představě o počtu směrovačů a vzniku zpoždění na cestě od zdroje k testovanému cíli. [34]

Pracuje tak, že analyzátor odesílá pakety s nastaveným polem TTL na minimální hodnotu. Hodnota pole TTL se průchodem každým směrovačem snižuje o 1. Až bude hodnota TTL rovna 0, směrovač paket zahodí a odešle zpět zprávu ICMP Time exceeded. Tím analyzátor zjistí směrovač v síti a opakuje odesílání paketu s vyšší hodnotou TTL. Proces se opakuje až do chvíle, kdy se ozve sama cílová stanice (pomocí zprávy ICMP o nedostupném portu). Tím se zjistí všechny směrovače v cestě k cíli. Při tom se také měří doba, za jak dlouho dorazí odpověď. [20], [41]

2.5.3 ARP Wiz

Funkce ARP Wiz využívá ARP protokol ke kontrole stavu cílových stanic. Na uživatelem určeném rozsahu IP adres pomocí protokolu ARP se zjišťuje, jaká MAC adresa reprezentuje IP adresu a také dobu odpovědi v milisekundách. [41]

2.5.4 WEB/FTP test

Jsou testy, které ověřují funkčnost sítě přímo na aplikační vrstvě, pomocí protokolů HTTP a FTP. Oba testy lze také využít k měření propustnosti sítě přenášením souborů, protože analyzátor dokáže zobrazovat přenosovou rychlost. Analyzátor také obsahuje webový prohlížeč. [41]

2.5.5 Zachytávání paketů

Je funkce zachytávající pakety procházející rozhraním analyzátoru. Následně pakety i jejich obsah zobrazuje na displeji. Na pakety lze aplikovat filtr, který filtruje pakety na základě zdrojových a cílových MAC a IP adres. Filtr lze také aplikovat na typ segmentu (TCP nebo UDP) nebo zda je paket typu skupinového nebo všesměrového vysílání. Popřípadě zda je paket chybně přenesen, tj. nesouhlasí kontrolní součet rámce nebo kontrolní součet hlavičky IP paketu. [41]

2.5.6 WiFi

Prostřednictvím USB portu na analyzátoru lze připojit WiFi 802.11b/g adaptér, kterým lze skenovat a připojovat se k bezdrátovým sítím. Bezdrátovou síť lze testovat pomocí funkcí ping, traceroute, ARPWiz nebo Web/FTP test. [41]

2.5.7 IPTV

Funkce, která analyzuje televizní vysílání přenášené přes síť založené na protokolu IP. Zobrazuje přenosové rychlosti přenášeného obrazu a zvuku, počet přijatých paketů, mezirámcovou mezeru, kolísání zpoždění a další parametry. [24], [29]

2.5.8 VoIP

Analyzuje přenos hlasu přenášeného prostřednictvím protokolu IP. Lze volit mezi čtyřmi režimy. V režimu IP Phone analyzátor funguje jako koncový terminál podporující signalizační protokoly H.323 a SIP. V režimu Client (respektive Server) simuluje VoIP volání mezi klientem a serverem (může být tvořen programem VX1000) a měří parametry, například ztrátovost paketů, MOS, R-faktor, přenosovou rychlost a podobně. V režimu VoIPCheck analyzátor simuluje VoIP hovor s nejbližším směrovačem a měří kvalitativní parametry. [24], [41]

2.6 Analyzátor SunSet MTT

SunSet MTT je analyzátor se slotem, ve kterém je umístěn Ethernet 10/100BASE-T modul pro konektor RJ-45. Analyzuje tedy síť pracující na technologii Ethernet. Podporuje pouze základní funkce pro zjištění konektivity a to ping a traceroute.



Obrázek 2.6: Analyzátor SunSet MTT

3 NAVRŽENÉ LABORATORNÍ ÚLOHY

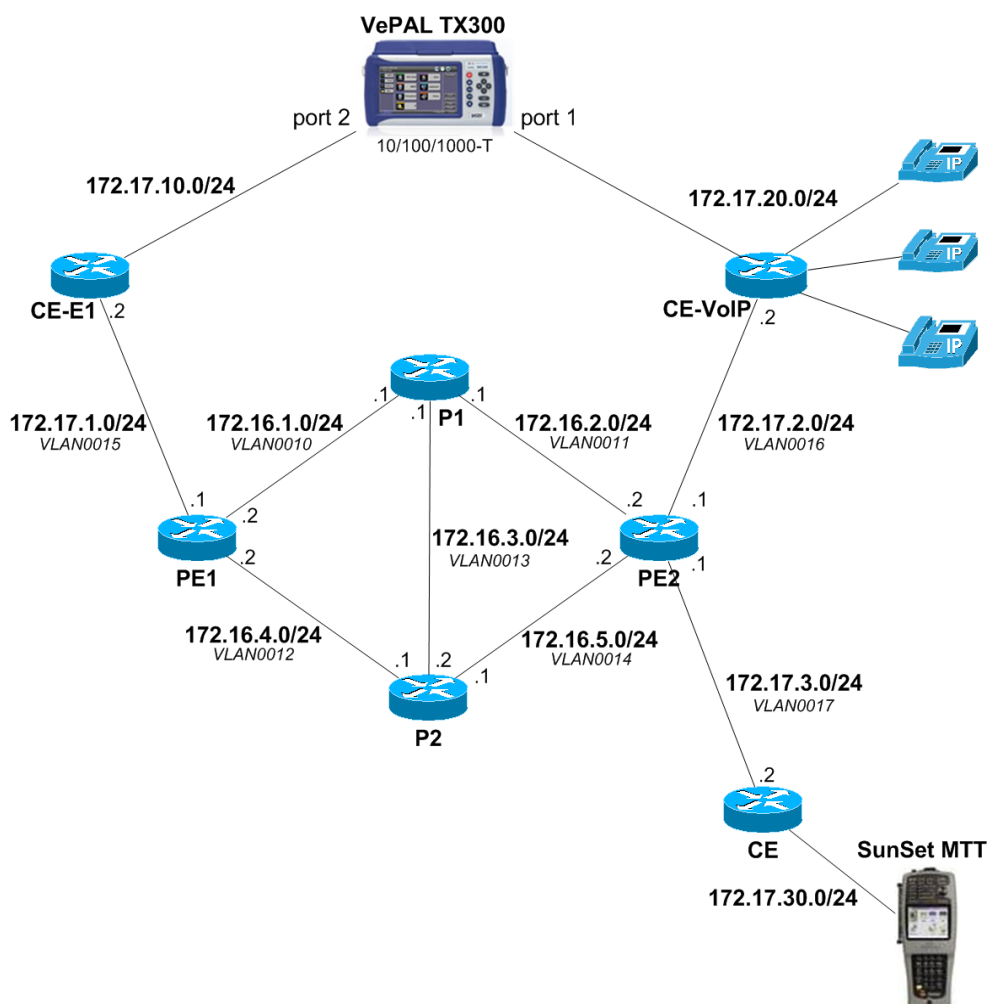
3.1 Laboratorní úloha: Analýza sítě dle RFC 2544

3.1.1 Zadání úlohy

Seznamte se s možnostmi analyzátoru VePAL TX300, vyzkoušejte funkčnost sítě pomocí funkce ping a traceroute, změřte přenosové parametry sítě Cisco symetrickou verzí testu RFC 2544 a seznamte se s obslužným programem ReVeal. Z výsledného reportu testu RFC 2544 vytvořte protokol obsahující zjištěné parametry sítě.

Pomocí analyzátoru SunSet MTT ověřte dostupnost sítí 172.17.10.0/24 a 172.17.20.0/24 a tím i funkčnost celé sítě.

3.1.2 Schéma zapojení



Obrázek 3.1: Zapojení analyzátorů do sítě

3.1.3 Teoretický úvod

VePAL TX300 je analyzátor přenosových parametrů. V rámci této úlohy je za úkol analyzovat parametry sítě a to propustnost, zpoždění, kolísání zpoždění, ztrátovost rámců a zatížitelnost. Tyto parametry lze jednoduše zjistit testem dle standardu RFC 2544.

Standard obsahuje tyto měření:

Měření propustnosti

Měřením se zjišťuje maximální počet rámců za sekundu, při kterém nenastane chyba, ani ztráta rámce. Maximální propustnost se určuje pro každou délku rámce zvlášť.

Výsledkem je tabulka uvádějící maximální propustnost v různě vyjádřených jednotkách.

Měření zpoždění

Cílem měření je získat velikost obousměrného zpoždění, což je čas, který uplyne od odeslání rámce zdrojovou stanicí po přijetí v cílové stanici. Zahrnuje zpoždění v přenosové trase a také zpoždění vzniklé na zařízeních, přes které rámec během měření prochází.

Měření ztrátovosti rámců

Měření začíná generováním provozu o přenosové rychlosti, která využívá propustnost sítě na 100% a zjišťuje se, zda se ztrácejí rámce. Pokud ano, snižuje se přenosová rychlost a měření je opakováno, dokud není docíleno nulové ztrátovosti rámců.

Ztrátovost rámců způsobuje výpadky, zkreslení nebo také šum při přenosu videa a hlasu. Výsledek měření charakterizuje schopnost sítě pracovat s různou délkou rámců.

Měření zatížitelnosti

Měření stanovuje maximální počet rámců odeslaných a přijatých s minimální mezi-rámcovou mezerou v maximální přenosové rychlosti v určeném intervalu.

Měření kolísání zpoždění

I když tento parametr není ve standardu RFC 2544 definován, analyzátor tento parametr určit dokáže v rámci měření zpoždění a je zahrnut do výsledku měření.

Kolísání zpoždění znamená kolísání času příchodu rámců do cíle (změna zpoždění rámců).

Ping slouží k zjištění dostupnosti cílového uzlu, prověření funkčnosti spojení na síťové vrstvě modelu OSI.

Traceroute je funkce využívaná k zjištění jaké směrovače jsou v cestě sítě od zdroje k cíli. Poskytuje také údaje o velikosti zpoždění k jednotlivým směrovačům v síti.

3.1.4 Pracovní postup

Analyzátor VePAL TX300

1. Na analyzátoru zvolte režim využívající dva 10/100/1000-T porty a připojte ho dle schématu zapojení do sítě Cisco, na směrovačích se jedná o rozhraní realizované modulem HWIC-4ESW-POE.
2. Na obou portech (Cu P1 a Cu P2) v záložce Setup – Network nastavte získání adresy z DHCP serveru. Tlačítkem Connect je provedeno připojení do sítě a získání adres.
3. Zkontrolujte v záložce IP – Status přidělení IP adres a ověřte pomocí funkce ping funkčnost spojení.



Obrázek 3.2: Informace o přidělené IP adrese

4. Pokud je ping úspěšný, můžeme přistoupit k testu RFC 2544. Na jednom z portů zvolte v hlavním menu možnost RFC 2544 a SLA Mode nastavte na Standard RFC 2544.
5. V záložce Setup – Header nastavte síťovou vrstvu jako testovanou.
6. Nyní je nutné nastavit pro správnou funkčnost MAC a IP adresy cíle a to položku MAC Destination na ARP Gateway, tímto si analyzátor MAC adresu výchozí brány zjistí automaticky a cílovou IP adresu (Destination IP Address) na adresu protějšního portu.
7. V dalších krocích je nutné nastavit parametry jednotlivých měření. Parametry uvedené v tabulce jsou pouze doporučující, které jsou zvoleny vzhledem k délce trvání testu okolo 20 minut. Pokud by mělo měření probíhat dle přesných podmínek standardu RFC 2544, měření by probíhalo v délce několika hodin.

Tabulka 3.1: Doporučené parametry testu RFC 2544

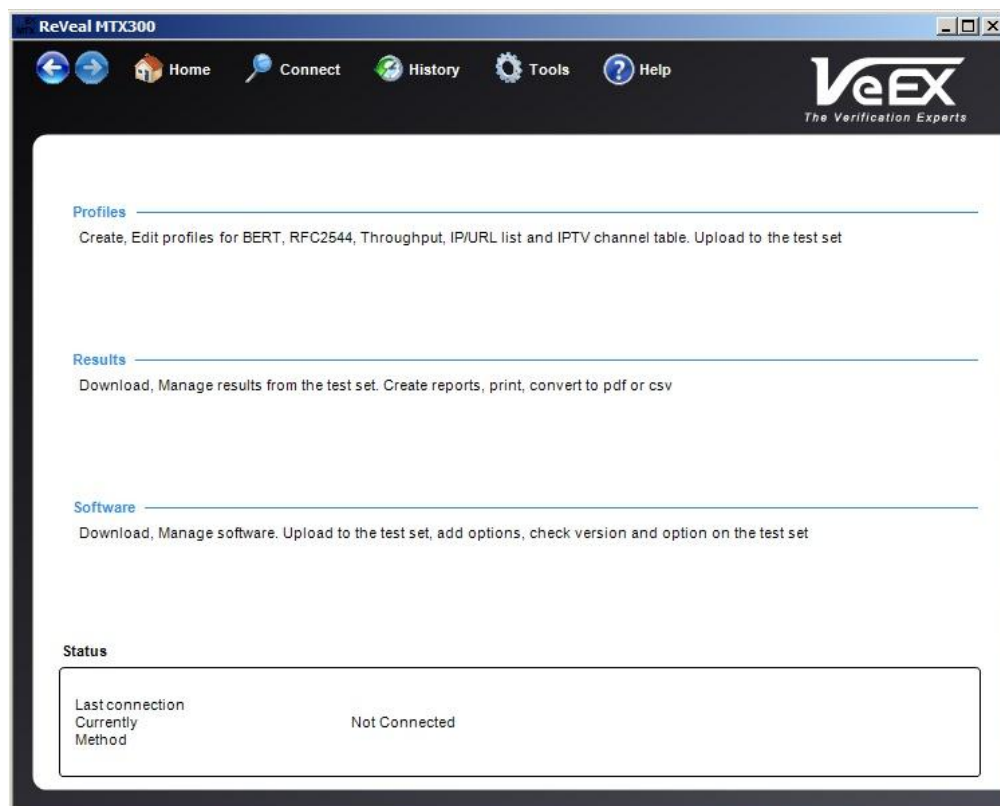
Měření		Parametry
Propustnosti	Throughput	MAX Rate = 100 % Duration = 10 s
Zpoždění	Latency	Duration = 10 s Repetitions = 1
Ztrátovosti rámců	Frame Loss	Rate = 100 % Step Size = 10 % Duration = 10 s
Zatížitelnosti	Burst	MAX Rate = 100 %, MAX Duration = 10 s MIN Duration = 2 s Repetitions = 2

- Protože se jedná o symetrický test, je nutné nastavit port Cu P2 jako smyčkovací. Na protějším portu zvolte v menu Loopback – Layer 3 a spusťte tlačítkem Start. Na portu Cu P1 test spusťte. V jednotlivých záložkách lze sledovat průběh testu.
- Po dokončení testu, výsledek testu uložte do paměti analyzátoru tlačítkem uložit vedle displeje.
- Pro spojení analyzátoru s obslužným programem ReVeal využijeme síťové rozhraní na pravém boku analyzátoru. Na rozhraní v záložce Tools – IP Tools – Setup – Network nastavte statickou IP adresu. Na PC nastavte síťovou kartu do stejné podsítě a připojte se k analyzátoru za pomoci obslužného programu ReVeal MTX300.
- V obslužném programu v menu Tools – Remote Control lze dálkové ovládat analyzátor pomocí PC.
- Seznamte s dalšími funkcemi obslužného programu, stáhněte uložený výsledek testu z analyzátoru do počítače a vytvořte report (Home – Results – Create Reports), který slouží jako podklad pro vypracování protokolu.

Analyzátor SunSet MTT

- V menu CONFIGURATION nastavte interface na 100BT a mode na F-DUPLX. Tím nastavíte rozhraní na FastEthernet (100BASE-T, full duplex).
- V menu PING – TRACE SETUP – TEST nastavení položky OP TYPE zvolte ping. Položku MODE nastavte na Ethernet. IP adresu analyzátor získá z DHCP serveru nastavením položky IP TYPE na DHCP.

3. Analyzátor připojte dle schématu zapojení do libovolného portu modulu HWIC-4ESW-POE směrovače CE. Test spusťte tlačítkem START. Úspěšnost testu je signalizována textem PASS, detaily lze zobrazit tlačítkem STATS.



Obrázek 3.3: Obslužný program ReVeal MTX300

3.1.5 Otázky

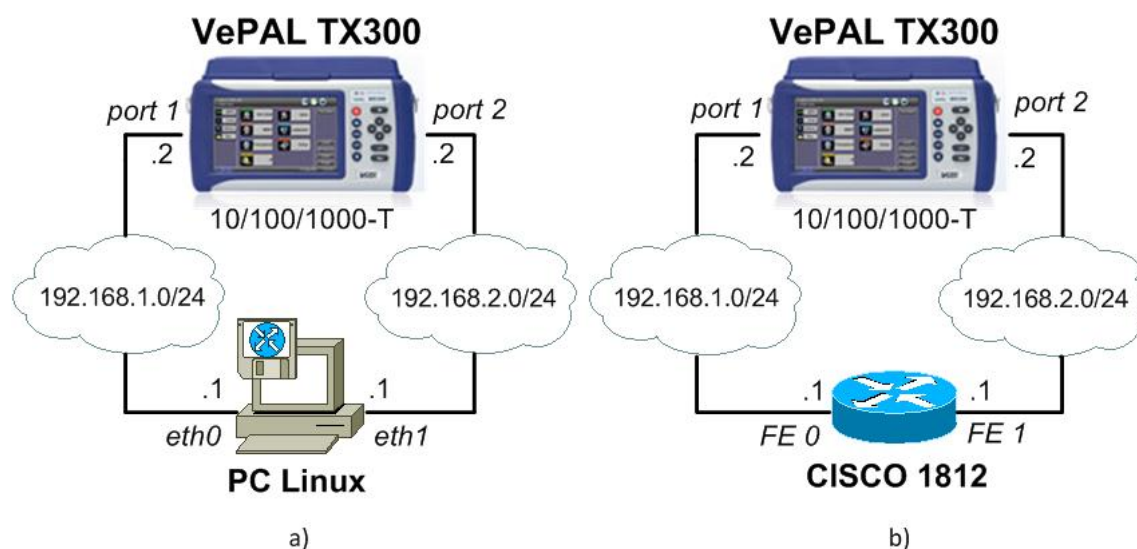
1. Z jakých částí se skládá test dle standardu RFC 2544?
2. Jaký je rozdíl mezi symetrickou a asymetrickou verzí testu RFC 2544?
3. Jaký způsob zjištění směrovačů na cestě k cíli využívá funkce traceroute?

3.2 Laboratorní úloha: Porovnání výkonnosti směrovačů

3.2.2 Zadání úlohy

Cílem úlohy je porovnat výkonnostní parametry směrovačů, které jsou řešeny rozdílnými způsoby. V rámci této úlohy je k dispozici směrovač Cisco 1812 a počítač s operačním systémem Linux, distribucí Debian. Nakonfigurujte zařízení a pomocí analyzátoru VePAL TX300 změřte výkonnostní parametry, zejména propustnost, zpoždění, proměnlivost zpoždění a zatížitelnost. Z výsledků měření porovnejte parametry směrovačů a určete, k jakému použití jsou vhodné.

3.2.3 Schéma zapojení



Obrázek 3.4: Zapojení druhé laboratorní úlohy

3.2.4 Teoretický úvod

Počítač

Jedná se o běžný počítač typu pracovní stanice s procesorem Intel Core 2 a 2 GB paměti RAM. Obsahuje dvě síťové karty a to integrovanou síťovou kartu Realtek podporující standard 1000BASE-T a síťovou kartu 3Com ve slotu PCI s podporou standardu 100BASE-T.

Do počítače je pomocí live CD zaváděn operační systém Debian ve verzi standard, která neobsahuje grafické nadstavby a pro tento účel plně dostačuje. Existují také speciální distribuce navržené přímo pro funkci směrovače jako je například FreeSCO, Floppyfw nebo IPCop, ale pro tuto úlohu je distribuce Debian dostačující.

Příkazy v této úloze je nutno provádět s oprávněními uživatele root, tento požadavek se zajistí zadáním `sudo` před samotný příkaz.

Nastavení síťových rozhraní lze provést pomocí: [43]

a) **ifconfig** nacházející se v balíčku `net-tools`

IP adresa se nastavuje příkazem `ifconfig eth0 192.168.1.1 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.1.255`. Rozhraní lze zapínat/vypínat pomocí příkazu `ifconfig eth0 up/down`. Informace o stavu síťových rozhraní lze zjistit příkazem `ifconfig`. Směrovací tabulka se vypíše pomocí příkazu `route`.

b) **ip** z balíčku `iproute`

Nastavení IP adresy na rozhraní se v tomto případě provádí pomocí příkazu `ip address add 192.168.1.1/24 brd + dev eth0`. Příkaz pro zapnutí nebo vypnutí rozhraní je `ip link set eth0 up/down`. Příkaz pro zjištění informací o síťových rozhraních v počítači je `ip link show`. Výpis směrovací tabulky lze zjistit příkazem `ip route list`.

c) **ifupdown**, v distribuci Debian, editace souboru `/etc/network/interfaces`

Typickým příkladem nastavení je zadání následujících řádků do souboru `/etc/network/interfaces`:

```
iface eth0 inet static
address 192.168.1.1
netmask 255.255.255.0
gateway 192.168.1.11
```

Důsledek je takový, že se provede statické nastavení IP adresy 192.168.1.1 s maskou sítě 255.255.255.0 a výchozí bránou 192.168.1.11 na rozhraní `eth0`. Aplikování nastavení se provede restartováním služby pomocí příkazu `/etc/init.d/networking restart`. Zapnutí rozhraní pomocí příkazu `ifup` a vypnutí rozhraní příkazem `ifdown`. [15]

Pro funkčnost systému jako směrovače je také důležité aktivovat přeposílání paketů mezi rozhraními. Nastavení se provádí pomocí speciálního souborového systému `/proc/`, který slouží k získání informací o jádře systému a ke změnám určitých parametrů jádra, jako je v tomto případě přeposílání (IP forward). To znamená, že hodnotu v souboru `/proc/stat/net/ipv4/ip_forward` je nutné změnit z 0 na 1, čímž se docílí aktivování přeposílání paketů mezi rozhraními.

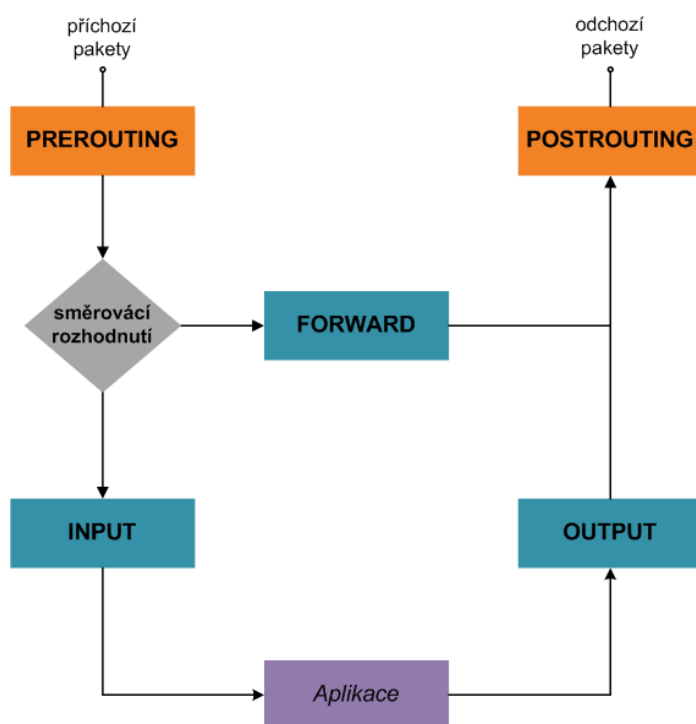
IPtables

Linux nemusí pouze směrovat pakety, ale za použití balíčku iptables může i plnit funkci stavového firewallu, provádět překlad adres (NAT) nebo sledovat provoz. Základním principem je definování pravidel, které ovlivňují průchod paketů. Pravidla jsou uložena v řetězcích a řetězce seskupeny do tabulek.

Existují tři tabulky a to tabulka filter, která slouží k filtrování a obsahuje řetězce input, forward a output.

Tabulku nat lze použít k překladu adres a obsahuje řetězce prerouting, postrouting a output.

Poslední tabulkou je mangle, kterou lze uplatnit ve speciálních aplikacích souvisejících s kvalitou služeb, obsahuje řetězce input, output, forward, prerouting a postrouting. Podrobnější informace lze získat vypsáním manuálových stránek `man iptables`. [3]

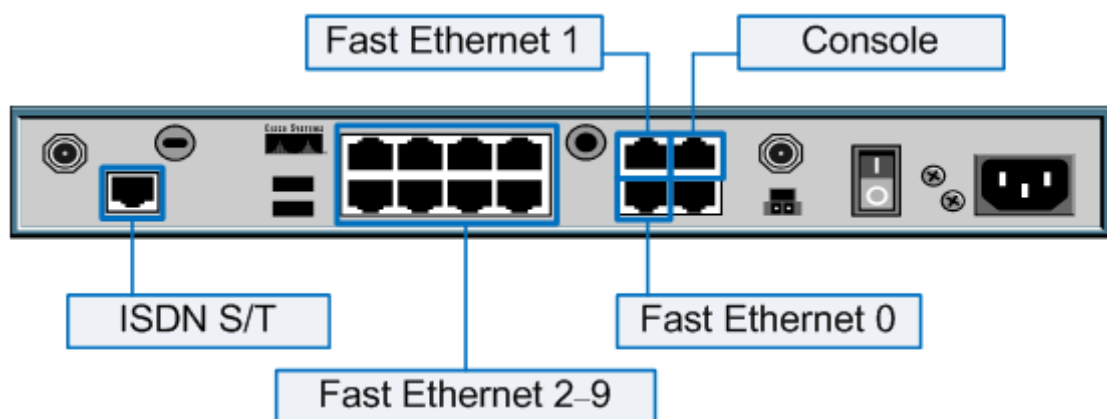


Obrázek 3.5: Zjednodušené schéma iptables

V této úloze počítač plní pouze funkci směrovače, takže cesta paketu je následující. U příchozích paketů se na směrovacím rozhodnutí zjistí, zda jsou určeny lokálnímu počítači, pokud ne, paket směruje do řetězce FORWARD a odešle se na odchozí rozhraní.

Cisco 1812

Směrovač určený do malých až středních firem (SMB). Je z řady směrovačů s integrovanými službami (ISR), která integruje službu přístupu k internetu, hlasové nebo bezpečnostní služby do jediného zařízení. Obsahuje osmiportový FastEthernet přepínač, další dva FastEthernet porty a ISDN S/T BRI port. Pracuje s operačním systémem Cisco IOS. [6]



Obrázek 3.6: Rozhraní směrovače Cisco 1812

Cisco IOS obsahuje módy: [45]

- Uživatelský mód je aktivován po připojení k směrovači, v tomto módu lze zadávat základní monitorovací příkazy, nelze měnit konfiguraci, mód lze rozeznat pomocí promptu `>`.
- Privilegovaný mód lze použít k provádění změn v konfiguraci, je rozeznatelný pomocí promptu `#`, z uživatelského módu se aktivuje příkazem `enable`, opouští se příkazem `disable`.
- Globální konfigurační mód umožňuje rozšířené možnosti konfigurace, je signalizován promptem `(config)#`, z privilegovaného módu se aktivuje příkazem `configure terminal`, opouští se pomocí příkazu `end`.
- Konfigurace rozhraní slouží k nastavení jednotlivých rozhraní, je signalizován promptem `(config-if)#`, z globálního konfiguračního módu se aktivuje příkazem `interface jméno rozhraní`, opouští se příkazem `exit`.

Konfigurace rozhraní

Provádí se vstoupením z globálního konfiguračního režimu do konfiguračního režimu rozhraní, například `interface FastEthernet 0`, nastavením statické IP adresy, například `ip address 192.168.1.1 255.255.255.0` a aktivováním rozhraní pomocí příkazu `no shutdown`.

Ověření konfigurace lze provádět pomocí příkazů:

- `show run` – vypíše aktuální konfiguraci směrovače,
- `show interfaces` – vypíše detailní informace o rozhraních směrovače,
- `show ip interfaces brief` – vypíše stav a IP adresy na rozhraních,
- `show ip route` – vypíše směrovací tabulku. [45]

Srovnání výkonnosti

Srovnání výkonnosti je provedeno pomocí testu dle standardu RFC 2544. Důvod volby je ten, že v rámci jednoho testu lze získat informace o propustnosti, zpoždění, kolísání zpoždění, ztrátovosti rámců i zatížitelnosti. V této úloze jsou nejdůležitější údaje o propustnosti, zpoždění, kolísání zpoždění a zatížitelnosti.

3.2.5 Pracovní postup

Linux

1. Zapněte počítač a zaveďte po startu live CD linuxové distribuce Debian a propojte ho s analyzátozem dle uvedeného schématu zapojení.
2. Na počítači nastavte IP adresy na rozhraních eth0 a eth1 dle schématu zapojení a aktivujte přeposílání paketů (IP forward) mezi rozhraními.
3. Na analyzátoru zvolte testování Ethernet sítí, režim dvou testovacích portů.
4. Aby bylo možné srovnat výsledky s druhým směrovačem, je nutné použít stejný standard síťových rozhraní, v tomto případě 100BASE-T. Z důvodu 1000BASE-T síťové karty v počítači je nutné na analyzátoru nastavit ručně rychlost (Speed) na 100 Mbps. Tímto se zajistí komunikace přenosovou rychlostí 100 Mbps dle standardu 100BASE-T.
5. Na analyzátoru nastavte na obou portech IP adresy a výchozí bránu dle schématu zapojení. Ověřte provozuschopnost sítě pomocí funkce ping v analyzátoru.
6. Test se bude provádět pomocí měření dle standardního RFC 2544.
7. Na portu Cu P1 zvolte v hlavním menu možnost RFC 2544 nastavte jako testovanou vrstvu síťovou a správně nastavte cílové MAC a IP adresy.
8. V dalších krocích je nutné nastavit parametry jednotlivých měření.
9. V nastavení měření propustnosti počáteční hodnotu propustnosti na 100 % a délku testu na 10 s.
10. V záložce Latency se nastavuje měření zpoždění. Délku trvání nastavte na 10 s a počet opakování na 1.
11. V záložce Frame Loss se nastavuje měření ztrátovosti rámců. Nastavte počáteční hodnotu propustnosti na 100 %, velikost kroku na 10 % a délku trvání na 10 s.

12. V záložce Burst se nastavují parametry měření zatížitelnosti. Počáteční hodnotu propustnosti nastavte na 100 %, maximální délku shluku na 10 s, minimální délku shluku na 2 s a počet opakování na 2.
13. Jelikož měření bude symetrické, je nutné nastavit protější port jako smyčkovací pomocí funkce Loopback.
14. Vše je připraveno ke spuštění měření, proto tlačítkem Start spusťte testování, v záložce Status je možno sledovat celkový průběh a v ostatních záložkách výsledky.
15. Výsledek testu uložte do paměti analyzátoru tlačítkem uložit vedle displeje, report lze z analyzátoru stáhnout pomocí USB portu nebo vytvořit protokol pomocí programu ReVeal.

Cisco 1812

1. Propojte analyzátor a směrovač dle schématu zapojení.
2. K nastavení směrovače použijte konzolový kabel, kterým propojte sériové rozhraní PC a rozhraní Console směrovače.
3. Konfiguraci proveďte programem putty, ve kterém zvolte typ připojení Serial.
4. Přejděte do konfiguračního režimu a nastavte porty FE0 a FE1.
5. Na analyzátoru pomocí funkce ping ověřte funkčnost sítě.
6. V nastavení RFC 2544 je nutné jako v předchozím případě správně nastavit cílovou MAC a IP adresu. Ostatní nastavení zůstává stejné.
7. Spusťte měření dle standardu RFC 2544, po skončení měření výsledek uložte.

3.2.6 Otázky

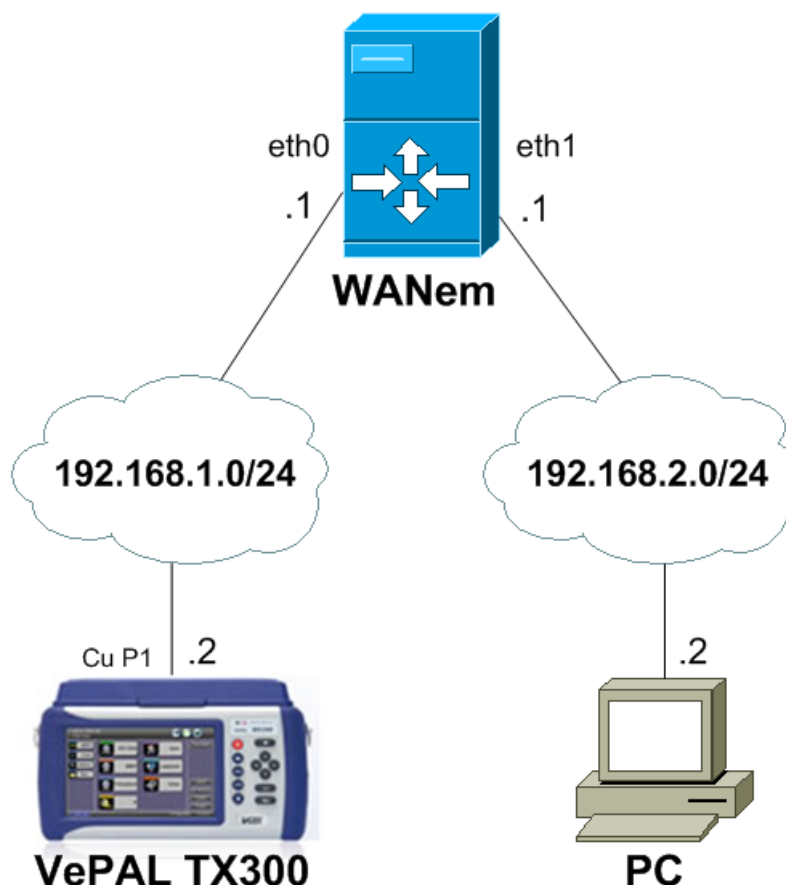
1. Proč je kladen velký důraz na parametry zpoždění a kolísání zpoždění?
2. Jakými způsoby lze v textovém režimu Linuxu nastavit síťová rozhraní?
3. Jaké módy jsou definovány v operačním systému Cisco IOS?

3.3 Laboratorní úloha: Analýza VoIP spojení a IPTV vysílání

3.3.1 Zadání úlohy

- a) Využijte na analyzátoru VePAL TX300 funkci VoIP klienta pro analýzu parametrů VoIP spojení. Mezi účastníky zapojte emulátor WANem, na kterém nastavujete různé hodnoty ztrátovosti paketů, zpoždění nebo proměnlivosti zpoždění a sledujte změnu kvalitativních parametrů VoIP spojení.
- b) Vytvořte IPTV vysílání v programu VLC Media Player. Analyzujte parametry televizního vysílání distribuovaného prostřednictvím protokolu IP. Přesněji využitou šířku pásma pro jednotlivé složky vysílání a druhy snímků a kvalitativní parametry vysílání. Na emulátoru sítě WANem nastavujte různé hodnoty ztrátovosti paketů, zpoždění nebo proměnlivosti zpoždění a sledujte změnu parametrů IPTV vysílání.

3.3.2 Schéma zapojení



Obrázek 3.7: Zapojení třetí laboratorní úlohy

3.3.3 Teoretický úvod

Existují dva odlišné způsoby hodnocení kvality hlasu (popřípadě videa). První možností je **subjektivní** hodnocení, které představuje subjektivní dojem člověka. Hodnocení probíhá v rámci skupiny osob a provádí se statistické vyhodnocení zanechaného dojmu z posuzovaného hlasu. Jelikož kvalitu posuzuje člověk, je tento způsob organizačně, časově i finančně náročný.

Druhou možností je **objektivní** hodnocení. Vyhodnocování neprovádí člověk, ale je získáno na základě porovnávání dat vstupujících a vystupujících z přenosového řetězce, popřípadě z parametrů přenosového řetězce, obecně řečeno je hodnocení získáno matematickým výpočtem. Tato možnost je využívána při dlouhodobém monitorování služeb v reálném čase. Nevýhodou je nespolehlivost. [4]

Analýza parametrů VoIP spojení

MOS

Jedná se o základní parametr hodnotící kvalitu hovoru. Parametr nabývá hodnot 1 až 5 a je popsán stupnicí poslechové kvality, které je uvedena v tabulce 3.2. Je závislý nejenom na přenosových parametrech sítě, ale také na použitém kodeku, například při použití kodeku G.711 je maximální hodnota parametru MOS = 4,2. [4]

Tabulka 3.2: Stupnice MOS dle [4]

MOS	Kvalita	Popis
5	Vynikající	Neznatelné rušení.
4	Dobrá	Rušení lze rozpoznat, ale neobtěžuje.
3	Průměrná	Rušení lze rozpoznat a mírně obtěžuje.
2	Nízká	Rušení obtěžuje, nutno vyvinout úsilí pro porozumění.
1	Špatná	Rušení velmi obtěžuje, způsobuje nesrozumitelnost.

Ve většině případů se uvažuje pouze jediná varianta parametru MOS, ale existuje více variant a to subjektivní, objektivní a odhadovaná.

Subjektivní varianta vychází z hodnocení kvality člověkem. U objektivní varianty je matematickým algoritmem porovnáván vstupní a výstupní hlas, popřípadě pouze výstupní. Odhadovaná varianta vychází z parametrů přenosového řetězce, které nejvíce ovlivňují kvalitu, tj. například kolísání zpoždění. [17]

Dle způsobu provedení hodnocení je dále rozlišována poslechová a konverzační verze. U poslechové verze jsou definovány méně přísné podmínky měření, například lze vyhodnocovat pouze zvukové nahrávky namísto reálného hovoru. V případě konverzační verze, měření provádí dva subjekty, které vedou normální telefonní hovor a hodnotí kvalitu. [4]

Ve výsledku tedy existují varianty označované:

- a) MOS-LQS – poslechová subjektivní,
- b) MOS-CQS – konverzační subjektivní,
- c) MOS-LQO – poslechová objektivní,
- d) MOS-CQO – konverzační objektivní,
- e) MOS-LQE – poslechová odhadovaná,
- f) MOS-CQE – konverzační odhadovaná.

R-faktor

Je obsažen v doporučení G.107. Jedná se o objektivní metodu hodnocení vycházející z modelu E jako hodnotící faktor R (rating factor R). Zohledňuje vliv šumu, hlasitosti, kvantizačního zkreslení, způsobu kódování, ozvěny nebo zpoždění.

Jako je to u parametru MOS, tak i u tohoto parametru existují dvě varianty a to poslechový R-faktor uváděný pod zkratkou R-LQ a konverzační R-faktor R-CQ. [22]

Tabulka 3.3: Porovnání MOS a R-faktoru

Spokojenost uživatele	R-Faktor	MOS
Velmi spokojený	90–100	4,1–5,0
Spokojený	80–90	3,7–4,1
Někteří uživatelé nespokojeni	70–80	3,4–3,7
Mnoho uživatelů nespokojeno	60–70	2,9–3,4
Nespokojení téměř všichni uživatelé	50–60	2,4–2,9
Nespokojený	0–50	1,0–2,4

Analyzátor VePAL TX300 poskytuje odhadovanou poslechovou a konverzační variantu parametru MOS a parametru R-faktor.

IPTV

IPTV je jedna z variant šíření televizního vysílání, v tomto případě prostřednictvím sítí založených na protokolu IP.

Šíření televizního vysílání je distribuováno prostřednictvím multicastových skupin, IPTV přijímač se pouze přihlásí k multicastové skupině dle požadovaného programu. Je tak zajištěna lepší efektivita v síti než při unicastové distribuci. Lze také využívat zpětného kanálu k doplňkovým službám, jako jsou interaktivní služby, například hlasování diváku nebo možnost vyžádat si video na přání (VoD). [21]

Požadavky na šířku pásma jsou závislé na použitém rozlišení videa a také na použité kompresní metodě, orientační přehled je uveden v tabulce 3.4 dle literatury [11].

Tabulka 3.4: Požadavek na šířku pásma v závislosti na kompresi a formátu obrazu

Formát Komprese Šířka pásma [Mbps]	SDTV		HDTV	
	MPEG-2	H.264/MPEG-4	MPEG-2	H.264/MPEG-4
	4 až 7	2 až 3	18 až 20	5 až 22

Analýza snímků

Televizní vysílání distribuované prostřednictvím IP protokolu je v rámci této úlohy komprimováno pomocí standardu H.264/MPEG-4. Proto také se obraz skládá ze tří typů snímku označovaných písmeny I, P, B. Snímky I (Intra Frame) jsou takzvané klíčové snímky, nemají žádnou vazbu na okolní snímky. Snímky P (Predicted) jsou předpovídány ze sekvence snímků na videu. Snímky B (Bidirectional Predicted) obsahují pouze rozdíly mezi předchozím a následujícím snímkem. [25]

V rámci této úlohy je možné analyzovat počty přijatých snímků, počty narušených snímků, maximální a průměrnou šířku pásma využívající jednotlivé typy snímků.

Analýza transportního toku

Transportní tok optimalizován pro přenos po komunikačních sítích, ve kterých se počítá s chybami. Pro možnou korekci chyb je provedeno kódování některým FEC kódem.

Transportní tok je vytvářen postupně. Nejprve je vytvořen elementární tok, který představuje zakódovaná obrazová nebo zvuková data. Následuje rozdělení elementárních toků na pakety, které obsahují časové značky pro správné dekodování I, P, B snímků. Elementární toky, které obsahují obrazové a zvukové stopy jednoho televizního programu vytváří programový tok. Více programových toků je sloučeno do transportního toku.

Každý paket transportního toku je identifikován pomocí unikátního 13 bitového identifikátoru PID. Pokud je $PID = 0$, tak identifikuje tabulku PAT. V tabulce PAT jsou pro každý program uvedeny hodnoty PID, které odkazují na tabulku PMT jednotlivých programů. Tabulka PMT obsahuje seznam dílčích složek (video, zvuku, titulky) tvořící jeden televizní program, ke každé složce v tabulce je také uvedeno číslo PID, pod kterým jsou přenášeny. Speciálním případem je hodnota $PID = 1$, která identifikuje tabulku podmíněného přístupu CAT. Poslední tabulkou je NIT, která obsahuje podrobnější informace o transportním toku, například jaké vysílá programy. Souhrnně se tyto 4 tabulky označují jako PSI. [18], [23]

Analýzátor v rámci této úlohy umožňuje analyzovat šířku pásma využívající jednotlivé složky přenosu a hodnoty PID.

Analýza kvality

MOS

Jako při hodnocení kvality hlasu, tak i při hodnocení kvality televizního vysílání existuje více variant parametru MOS, které jsou dále uvedeny. Jelikož parametr vyhodnocuje analyzátor, jedná se o objektivní hodnocení.

MOS_V je zkratkou pro video MOS. Vyhodnocuje použití kodeku, rychlost přenosu, ztrátovost paketů. Existují dvě varianty parametru a to absolutní a relativní. Kde relativní MOS_V parametr zohledňuje velikost displeje. Například na přenosném zařízení, které má menší displej bude relativní MOS_V větší než u stejného IPTV vysílání na velké televizi.

Parametr MOS_A hodnotí kvalitu zvuku. Vyhodnocuje použití audio kodeku, vzorkovací frekvenci nebo ztrátovost paketů.

MOS_AV je audio-video MOS parametr, který hodnotí současně kvalitu obrazu i zvuku a také jejich vzájemnou synchronizaci. Dále ještě existuje parametr MOS_C, který hodnotí kvalitu interakce IPTV služeb. [16], [39], [40]

VSTQ

Zkratka z anglického názvu Video Service Transmission Quality. Udává schopnost sítě, založené na protokolu IP, přenášet video signály. Nezávislý na použitém kodeku. Nabývá hodnot od 0 do 50. [39], [40]

EPSNR

Odhad špičkové hodnoty odstupu signálu od šumu vyjádřeno v decibelech. Představuje poměr nejvyšší hodnoty signálu vůči střední kvadratické odchylce přijatého video signálu. Hodnoty větší než 35 dB jsou vyhovující a hodnoty menší než 20 dB nevyhovující. Existuje také parametr EPSNR ATIS, který je vypočítáván dle specifikací organizace ATIS. [19]

Chyby dle standardu ETR 290

Analyzátor v transportním toku podporuje detekci chyb definovaných ve standardu ETSI TR 101 290. Analyzátor detekuje následující druhy chyb: [13]

Sync Loss

Chyba nastává, pokud ve třech po sobě jdoucích paketech transportního toku nastane chyba v synchronizačním bajtu. To znamená, že nebude obsahovat hodnotu 0x47 a nastane ztráta synchronizace.

Sync Byte

Obdobná chyba jako předchozí. Nastává, když synchronizační bajt není roven hodnotě 0x47.

PAT, PAT2

Tato chyba souvisí s tabulkou PAT a s hodnotami PID určujícími PMT tabulku programu. Chyba nastává, pokud není přijata tabulka každých 0,5 s nebo neobsahuje v poli table_id hodnotu 0x00 identifikující právě PAT tabulku.

Continuity

Chyba nastane při nesprávné posloupnosti pořadí přijetí paketů, nebo pokud je stejný paket doručen vícekrát, popřípadě pokud paket chybí.

Transport

Tato chyba je indikována, pokud je v záhlaví paketu transportního toku obsaženo pole transport_error_indicator. Toto pole informuje, že v následujícím paketu jsou chyby.

CRC

PSI tabulky jsou zabezpečeny tímto kontrolním součtem umístěným na konci každé tabulky. Chyba CRC je indikována v případě, že CRC součet nedopovídá udávanému.

PCR Discontinuity

Tato chyba souvisí s hodnotou PCR udávající časovou značku pro synchronizaci s dekodérem. Tato chyba je indikována, když dvě po sobě jdoucí hodnoty PCR jsou větší než 100 ms.

PCR Accuracy

Chyba PCR Accuracy je hlášena překročením tolerance hodnoty PCR o více než ± 500 ns.

PTS

V záhlaví paketizovaného elementárního toku je obsaženo časové razítko PTS informující dekodér o přesném času přenášených dat. Chyba je hlášena, když perioda těchto časových razítek je větší než 700 ms.

PID

Z důvodu správné funkčnosti dekodéru musí být dodržována definovaná perioda (obvykle 0,5 s) příjmu paketů se stejným PID označujícím přijímaný tok.

WANem

Jedná se o emulátor WAN sítě. Lze simulovat zpoždění v síti, definovat ztrátovost paketů, kolísání zpoždění, duplikaci paketů a podobné parametry. Je postaven na linuxové distribuci Knoppix. [44]

3.3.4 Pracovní postup

WANem

1. Emulátor spustíte z live CD (dostupné na [44]), v průběhu načítání při dotazu, zda konfigurovat z DHCP zvolte NE a nastavte ručně síťové rozhraní eth0 a eth1 dle schématu zapojení.
2. Nastavení uložte pomocí klávesy S. Po vyzvání vytvořte heslo pro přístup pomocí SSH. Tímto je emulátor připraven k použití.
3. Zkontrolovat nastavení lze pomocí příkazu `status`, který zobrazuje nastavení síťových rozhraní a směrovací tabulku. Příkaz `wanemreset` slouží k uvedení emulovaných parametrů do výchozího nastavení, například v případě nemožnosti ovládat WANem pomocí webového prohlížeče. Příkazem `reset` se odstraní nastavení síťových rozhraní a příkazem `shutdown` se emulátor vypíná.
4. K emulátoru se připojuje pomocí webového prohlížeče na adresu: <http://192.168.2.1/WANem/>.

VoIP

5. Na počítači nastavte IP adresy dle schématu zapojení a vypněte Windows Firewall.
6. IP adresy nastavte i na analyzátoru v menu IP – Setup dle schématu zapojení a ověřte funkčnost sítě, například pomocí ping.
7. Jako VoIP klient je nainstalován program Express Talk. Pro správnou funkčnost dostačuje nastavit v menu File – Option – Lines – SIP jméno. Tímto je nastaven SIP účet, který v této úloze nebude využívat žádný server.
8. VoIP klient nacházející se v analyzátoru, dostupný v menu IP – VoIP nastavte do režimu IP Phone, protokol SIP, všechny nastavitelné servery (registrar, proxy, outbound) přepněte na Off a kodek použijte G.711μ. Nastavte uživatelské jméno.
9. Na počítači v Express Talk vytočte „uživatelskéjméno@192.168.1.2“ a na analyzátoru hovor přijměte.
10. Nyní lze v záložce Status analyzovat průběh, zejména ve Status – MOS/R kvalitativní parametry spojení. Analýza těchto parametrů se spouští tlačítkem MOS On. Další parametry spojení obsahuje záložka Status – Packets.

11. Emulátorem WANem provádějte změny v nastavení parametrů sítě v záložce Advanced Mode na rozhraní eth0 a sledujte změny parametrů na analyzátoru.
12. Vytvořte graf závislosti kvalitativních parametrů na změně přenosových parametrů sítě.

IPTV

13. Na počítači spusťte VLC Media Player. V menu Média – Proudové vysílání... přidejte libovolný video soubor, který se bude přenášet po síti. Klikněte na tlačítko Pustit proudem a Další. Jako cíl přidejte RTP/MPEG Transport Stream do položky adresa zadejte IP adresu analyzátoru, port ponechte výchozí 5004. Zatrhnete políčko Activate Transcoding a vyberte profil Video – H.264 + AAC (TS).
14. Vše je nastaveno, tlačítkem Pustit proudem se začne transportní tok přenášet.
15. Na analyzátoru je funkce analýzy IPTV v menu Advanced Tools – IPTV. Je potřeba nastavit položku Type na IPv4 Unicast, URL na 192.168.1.2 a port 5004. Analýza se spouští tlačítkem Start. Výsledky analýzy jsou v záložce Analysis, která obsahuje záložky IPTV-TS Summary, Stream Summary a Details, ve které je mapa PID, kvalitativní parametry videa a zvuku nebo detekce chyb dle standardu ETR 290.
16. V průběhu vysílání videa provádějte změnu parametrů sítě pomocí emulátoru WANem a sledujte změnu parametrů i vznikajících chyb.

3.3.5 Otázky

1. Jaký je rozdíl mezi subjektivním a objektivním hodnocením kvality?
2. Jaké existují druhy parametru MOS určené k hodnocení přenosu hlasu?
3. Mějme 10 ztracených paketů nesoucích v jednom případě I snímky videa, v druhém případě nesoucích P snímky. Bude se v těchto případech lišit parametr MOS_V? Popřípadě jak?

4 ZÁVĚR

První kapitola se věnuje dokumentaci sítě Cisco, to znamená popisu fyzické a logické topologie sítě, hardwarových a softwarových prostředků sítě. Za hlavní vlastnost sítě lze považovat využití technologie MPLS pro „směrování“. Pro tuto vlastnost je také přizpůsobena logická topologie, která je sestavena pro snadnější pochopení technologie MPLS. Další významnou vlastností je možnost změny konfigurace sítě vzdáleně za pomoci virtuálních LAN na přepínači.

V druhé kapitole jsou popsány funkce analyzátoru, varianty měření a zapojení používaných při analýze sítí. Hlavní funkcí analyzátoru je měření přenosových parametrů (propustnost, zpoždění, ztrátovost paketů, bitová chybovost) v rámci testů RFC 2544, chybovosti a propustnosti. Druhý analyzátor SunSET MTT podporuje pouze základní funkce pro zjištění konektivity.

První navržená laboratorní úloha se jmenuje „Analýza sítě dle RFC 2544“, kde pomocí analyzátoru VePAL TX300 jsou měřeny přenosové parametry sítě Cisco dle standardu RFC 2544. Problémem je, že pokud by měl být dodržen standard, tak by délka měření byla v řádech hodin, proto je doporučeno nastavení se zkrácenou délkou trvání a menším počtem opakování. Tím je dosažena doba trvání měření okolo 20 minut, ale měření je méně přesné.

Druhá laboratorní úloha nazývajícím se „Porovnání výkonnosti směrovačů“ má za úkol srovnat přenosové parametry směrovače realizovaného pomocí počítače a směrovače Cisco 1812. Lepší přenosové parametry vykazoval právě směrovač Cisco, který měl minimálně trojnásobně lepší propustnost, menší kolísání zpoždění i lepší zatížitelnost. Jediným horším parametrem bylo zpoždění, které nelze úplně porovnávat z důvodu průběhu měření při rozdílných hodnotách propustnosti.

Třetí laboratorní úloha „Analýza VoIP spojení a IPTV vysílání“ využívá funkci VoIP a IPTV v analyzátoru VePAL TX300. Je zaměřena především na analýzu kvalitativních parametrů v závislosti na změnách parametrů sítě pomocí emulátoru WANem. Je nutné uvést, že většina kvalitativních parametrů je pouze odhadována z parametrů přenosového řetězce, proto jejich vypovídající hodnota může být zkreslená.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BENDA, O. *Návrh využití vysokorychlostního systému pro laboratoř*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 55 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vladislav Škorpil, CSc.
- [2] BIGELOW, Stephen J. *Mistrovství v počítačových sítích : správa, konfigurace, diagnostika a řešení problémů*. Vyd. 1. Brno : Computer Press, 2004. 990 s. ISBN 80-251-0178-9.
- [3] BOTOŠ, Csaba. *Seriál Vše o iptables*. Root.cz [online]. 2006, [cit. 2011-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.root.cz/serialy/vse-o-iptables/>>.
- [4] BRADA, Miloslav; ZELENKA, Jan. *Teorie a praxe IP telefonie* [online]. 2008 [cit. 2011-05-15]. Posuzování kvality hlasu. Dostupné z WWW: <http://www.ip-telefon.cz/archiv/dok_osta/ipt-2008_Posuzovani_kvality_hlasu.pdf>.
- [5] BURGESS, Nigel. *RFC 2544 Testing of Ethernet Services in Telecom Networks* [online]. Canada : Agilent Technologies, 2004 [cit. 2010-11-21]. Dostupné z WWW: <http://www.horus-net.de/documents/agilent/rfc2544-test_agilent.pdf>.
- [6] CISCO [online]. [cit. 2011-05-15]. *Cisco 1800 Series Integrated Services Routers Fixed Configuration Models*. Dostupné z WWW: <http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5853/ps6184/product_data_sheet0900aecd8028a95f_ps5853_Products_Data_Sheet.html>.
- [7] CISCO. *Cisco* [online]. 2005 [cit. 2010-10-09]. Understanding ISDN BRI Voice Interface Cards. Dostupné z WWW: <http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk653/technologies_tech_note09186a0080111b16.shtml>.
- [8] CISCO. *Cisco* [online]. 2007 [cit. 2010-12-09]. Understanding 1-Port and 2-Port E1 Multiflex Trunk Voice/WAN Interface Cards (VWICs). Dostupné z WWW: <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps274/products_tech_note09186a00800b6e0f.shtml>.
- [9] CISCO. *Cisco* [online]. 2009 [cit. 2010-11-09]. Cisco EtherSwitch 4- and 9-Port High-Speed WAN Interface Cards. Dostupné z WWW: <http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5853/product_data_sheet0900aecd8016bf0b_ps5854_Products_Data_Sheet.html>.
- [10] CISCO. *Cisco* [online]. 2009 [cit. 2010-11-09]. Cisco Gigabit Ethernet High-Speed WAN Interface Card. Dostupné z WWW: <http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5854/product_data_sheet0900aecd8016be8d_ps5949_Products_Data_Sheet.html>.
- [11] *Comtel* [online]. 2009 [cit. 2011-05-15]. IPTV. Dostupné z WWW: <<http://www.comtel.cz/files/download.php?id=4374>>.

- [12] DIALLO, Thierno. *A new standard in Ethernet service testing* [online]. Canada : Exfo, 2010 [cit. 2010-11-12]. Dostupné z WWW: <http://www.eepublishers.co.za/images/upload/EngineerIt/2010/EngIT_August%202010_measT_.pdf>.
- [13] ETSI [online]. 2001 [cit. 2011-05-15]. ETSI TR 101 290. Dostupné z WWW: <http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101200_101299/101290/01.02.01_60/tr_101290v010201p.pdf>.
- [14] Exfo. *Application note 183 : RFC 2544: How it helps qualify a carrier Ethernet Network* [online]. Canada : [s.n.], 2008 [cit. 2010-11-20]. Dostupné z WWW: <<http://documents.exfo.com/appnotes/anote183-ang.pdf>>.
- [15] GITE, Vivek. *NixCraft* [online]. 2008-02-02 [cit. 2011-05-15]. Debian Linux Configure Network Interface Cards – IP address and Netmasks. Dostupné z WWW: <<http://www.cyberciti.biz/faq/howto-configuring-network-interface-cards-on-debian/>>.
- [16] Hodnocení kvality IPTV. *Access server* [online]. 2010-05-27, [cit. 2011-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2010050004>>. ISSN 1214-9675.
- [17] HOLUB, Jan. *IT Point* [online]. 200? [cit. 2011-05-15]. Měření a hodnocení QoS v IP telefonii. Dostupné z WWW: <<http://www.itpoint.cz/ip-telefonie/teorie/mereni-hodnoceni-qos-ip-telefonie.asp>>.
- [18] CHROBÁK, Jan. *Analýza chyb v transportním toku MPEG-2 TS při přenosu DTV*. Brno, 2009. 73 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [19] Ixía [online]. 2009 [cit. 2011-05-15]. IxLoad: Video Quality Assessment. Dostupné z WWW: <http://www.ixiacom.com/products/display?skey=ixload_video_quality_assessment>
- [20] KLAŠKA, Luboš. *Svět sítí* [online]. 2006 [cit. 2010-11-21]. Jak změřit základní kvalitativní parametry sítě a program NetDoppler společnosti WildPackets (2). Dostupné z WWW: <<http://www.svetsiti.cz/view.asp?rubrika=Tipy&clanekID=119>>.
- [21] KREJČÍ, Jaroslav. *Úvod do IPTV*. Pandatron.cz [online]. 2009-04-08, [cit. 2011-05-15]. Dostupný z WWW: <http://pandatron.cz/?724&uvod_do_ipTV>.
- [22] *Kvalita hovoru v prostředí VoIP* [online]. 2005 [cit. 2011-05-15]. Technická zpráva 11/2005. Dostupné z WWW: <http://homel.vsb.cz/~voz29/files/voz_71.pdf>.
- [23] LÍŠKA, Dušan. *Digitální terestriální televize DVB-T: Technické minimum - MPEG 2*. DigitálníTelevize.cz [online]. 2002, [cit. 2011-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.digitalnitelevize.cz/magazin/dvb-t/dvb-t-technologie/technicke_minimum_mpeg2.html>.
- [24] MORAVEC, Karel. *Testovací aplikace - měření na ethernetu* [online]. Praha : HKE, duben 2010 [cit. 2010-11-29]. Dostupné z WWW: <http://www.utko.feec.vutbr.cz/~polivka/ethernet_ctenice.pdf>.

- [25] MPEG-2. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/MPEG-2>>.
- [26] ODOM, Wendell; HEALY, Rus; MEHTA, Naren. *Směrování a přepínání sítí : autorizovaný výukový průvodce*. Vyd. 1. Brno : Computer Press, 2009. 879 s. ISBN 978-80-251-2520-5.
- [27] PETŘÍK, Michal. *Technologie MPLS* [online]. Praha : ČVUT, 2007 [cit. 2010-11-04]. Dostupné z WWW: <https://dsn.felk.cvut.cz/wiki/_media/vyuka/cviceni/x36mti/prezentace2007/petrim2-doc.pdf>.
- [28] POLÍVKA, Michal. *Představení laboratoře Vysokorychlostních komunikačních systémů* [online]. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2009 [cit. 2010-11-02]. Dostupné z WWW: <http://www.utko.feec.vutbr.cz/~polivka/fil/bvks_2010_predstaveni_laboratore.pdf>.
- [29] POTROK, Peter. *Meranie a kvalita služieb IPTV* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2010 [cit. 2010-11-12]. Dostupné z WWW: <http://www.profiber.cz/eshop/files/G2_Potrok-Mereni_Ehernet_a_kvalita_sluzby_IPTV.pdf>.
- [30] POTROK, Peter; HLADKÝ, Miroslav. *Ethernet a QoS měření* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2009 [cit. 2010-11-10]. Dostupné z WWW: <http://www.profiber.cz/eshop/files/E4_Hladky_Potrok_Meranie_Ethernetu_a_QoS.pdf>.
- [31] POTROK, Peter; HLADKÝ, Miroslav. *PROFiber testování Ethernet sítí a IPTV služeb* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2009 [cit. 2010-11-10]. Dostupné z WWW: <http://www.profiber.cz/eshop/files/Profiber_Testovani_Ethernet_siti_a_IPTV_sluzeb.pdf>.
- [32] PUŽMANOVÁ, Rita. *Vývoj paketových sítí a postavení MPLS* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2006 [cit. 2010-12-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.svetsiti.cz/view.asp?rubrika=Technologie&clanekID=302>>.
- [33] PUŽMANOVÁ, R. *Moderní komunikační sítě A-Z*. Computer Press, Brno 2007.
- [34] SHINDER, Debra Littlejohn. *Počítačové sítě : nepostradatelná příručka k pochopení síťové teorie, implementace a vnitřních funkcí*. Praha : SoftPress, 2003. 752 s. ISBN 80-86497-55-0.
- [35] SIMON, Don. *Network Master - Gigabit Ethernet Tester* [online]. [s.l.] : [s.n.], 200? [cit. 2010-12-02]. Dostupné z WWW: <http://www.wirelessrep.com/pdf/MtnMT9090A_GigE.pdf>.
- [36] Sunrise Telecom. *Application Series RFC 2544* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2004 [cit. 2010-11-20]. Dostupné z WWW: <http://www.telecom-test-solutions.com/manuals/mtt_rfc.pdf>.
- [37] ŠKORPIL, V. *Digitální komunikační technologie*. UTKO, Brno 2002.
- [38] TEARE, Diane. *Návrh a realizace sítí Cisco : autorizovaný výukový průvodce*. Vyd. 1. Brno : Computer Press, 2003. 758 s. ISBN 80-251-0022-7.

- [39] *Telchemy* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. TVQM Video Quality Metrics: Understanding IP Video Performance. Dostupné z WWW: <<http://www.telchemy.com/appnotes/TVQM%20Video%20Quality%20Metrics.pdf>>
- [40] *Telchemy* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Understanding IP Video Quality Metrics. Dostupné z WWW: <<http://www.telchemy.com/appnotes/Understanding%20IP%20Video%20Quality%20Metrics.pdf>>.
- [41] VeEX. *CX350 e-Manual* [online]. Santa Clara : VeEX, 2010 [cit. 2010-11-29]. Dostupné z WWW: <http://www.messkom.de/assets/PDF-Files/CX350_e-manual_D07-00-037_Rev_B00.pdf>.
- [42] VeEX. *Manuál k VePAL TX300*. VeEX, Santa Clara USA, 2010.
- [43] *VUTBR Drupal* [online]. 2006-11-24 [cit. 2011-05-15]. Debian, konfigurace sítě. Dostupné z WWW: <<http://pele.gzk.cz/node/19>>.
- [44] *The Wide Area Network emulator* [online]. 2009 [cit. 2011-05-15]. WANem. Dostupné z WWW: <<http://wanem.sourceforge.net/>>.
- [45] *Wikiknihy* [online]. [cit. 2011-05-15]. Příkazy Cisco IOS. Dostupné z WWW: <http://cs.wikibooks.org/wiki/Příkazy_Cisco_IOS>.

6 SEZNAM ZKRATEK

AAC	Advanced Audio Coding
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ARP	Address Resolution Protocol
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions
B	Bidirectional Predicted
BERT	Bit Error Rate Testing
BRI	Basic Rate Interface
CAT	Conditional Access Table
CE	Customer edge
CRC	Cyclic Redundancy Check
EPSNR	Estimated Peak Signal to Noise Ratio
ETR	ETSI Technical Report
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FEC	Forward Error Correction
FPS	Frames Per Second
FTP	File Transfer Protocol
GE	Gigabit Ethernet
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
I	Intra Frame
ICMP	Internet Control Message Protocol
IGP	Inter-packet Gap
IOS	Internetwork Operating System
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISR	Integrated Services Router
ITU	International Telecommunication Union
MAC	Media Access Control
MOS	Mean Opinion Score
MPLS	Multiprotocol Label Switching
NIT	Network Information Table
NT	Network Termination

OSI	Open Systems Interconnection
OTN	Optical Transport Network
P	Provider
P	Predicted
PAT	Program Association Table
PCI	Peripheral Component Interconnect
PCR	Program Clock Reference
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PE	Provider Edge
PID	Packet Identifier
PMT	Program Map Tables
PnP	Plug and play
PoE	Power over Ethernet
PRBS	Pseudo Random Bit Sequence
PSI	Program Specific Information
PTS	Program Transport Stream
QoS	Quality of Service
RFC	Request for Comments
RTT	Round-Trip Time
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SFP	Small Form-factor Pluggable
SIP	Session Initiation Protocol
SLA	Service Level Agreement
SMB	Small and Medium Business
SSH	Secure Shell
TE	Terminal Equipment
TTL	Time To Live
VLAN	Virtual Local Area Network
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over Internet Protocol
VSTQ	Video Service Transmission Quality

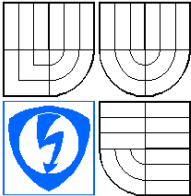
7 SEZNAM PŘÍLOH

A	VZOROVÝ PROTOKOL: ANALÝZA SÍTĚ DLE RFC 2544.....	55
B	VZOROVÝ PROTOKOL: POROVNÁNÍ VÝKONNOSTI SMĚROVAČŮ	61
C	VZOROVÝ PROTOKOL: ANALÝZA VOIP SPOJENÍ A IPTV VYSÍLÁNÍ	66

8 OBSAH CD

- Elektronická verze bakalářské práce,
- zadání laboratorních úloh,
- vzorové protokoly,
- podrobný pracovní postup pro každou laboratorní úlohu,
- reporty analyzátoru z měření laboratorních úloh,
- manuál k analyzátoru VePAL TX300.

A VZOROVÝ PROTOKOL: ANALÝZA SÍTĚ DLE RFC 2544

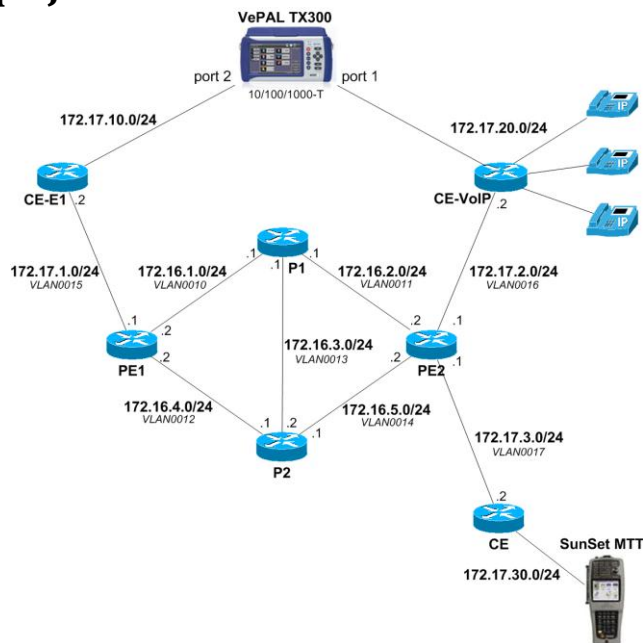
 <div>VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ</div>		Předmět Služby telekomunikačních sítí	
		Jméno Tomáš Ďápal	
		Ročník 3.	Studijní skupina B3TLI
		Spolupracoval	Měřeno dne
Kontroloval		Hodnocení	Dne
Číslo úlohy 1	Název úlohy Analýza sítě dle RFC 2544		

1. Zadání úlohy

Seznamte se s možnostmi analyzátoru VePAL TX300, vyzkoušejte funkčnost sítě pomocí funkce ping a traceroute, změřte přenosové parametry sítě Cisco symetrickou verzí testu RFC 2544 a seznamte se s obslužným programem ReVeal. Z výsledného reportu testu RFC 2544 vytvořte protokol obsahující zjištěné parametry sítě.

Pomocí analyzátoru SunSet MTT ověřte dostupnost sítí 172.17.10.0/24 a 172.17.20.0/24 a tím i funkčnost celé sítě.

2. Schéma zapojení

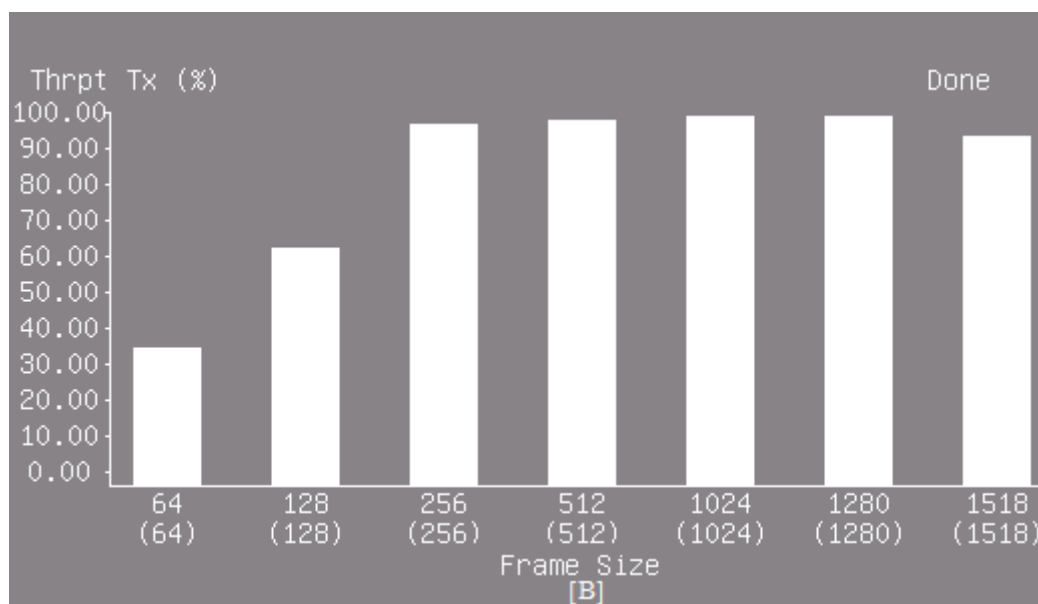


3. Tabulky a grafy

a) Měření propustnosti

Tabulka 1: Souhrn výsledku měření propustnosti

Délka rámce [B]	Propustnost		
	[%]	[Mbps]	[FPS]
64	37,00	28,19	55060
128	64,00	55,35	54054
256	97,00	89,97	43931
512	98,00	94,32	23026
1024	99,00	97,10	11853
1280	99,00	97,48	9519
1518	94,00	92,78	7640

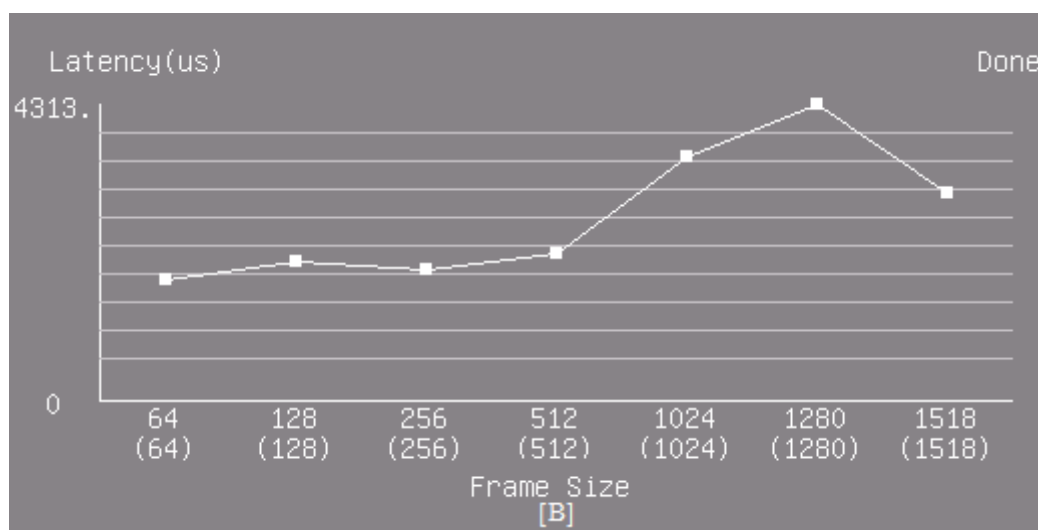


Obrázek 1: Graf závislosti propustnosti na délce rámce

b) Měření zpoždění

Tabulka 2: Souhrn výsledku měření zpoždění

Délka rámce [B]	Zpoždění [μs]	Při propustnosti [Mbps]
64	1789,18	28,19
128	2029,18	55,35
256	1917,86	89,97
512	2149,80	94,32
1024	3577,38	97,10
1280	4313,36	97,48
1518	3028,88	92,78

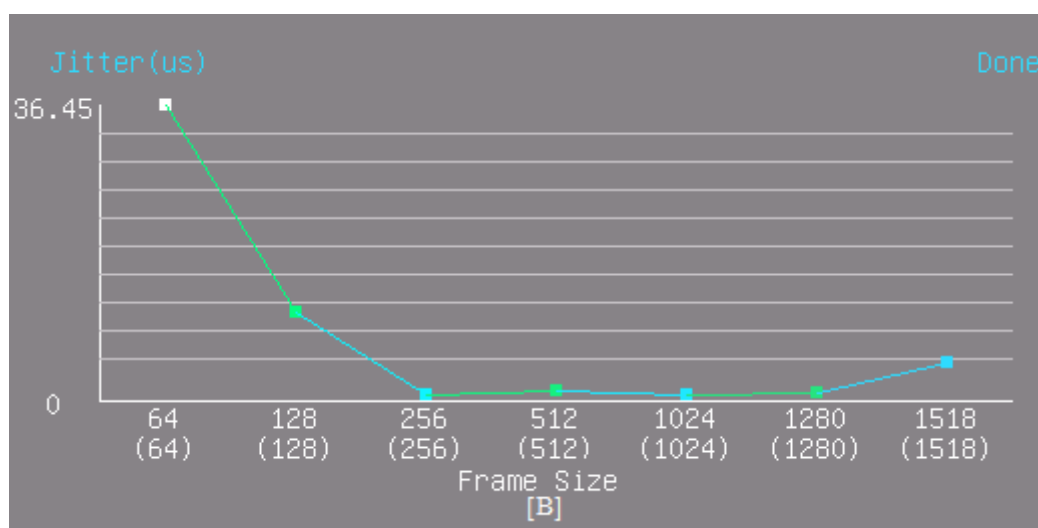


Obrázek 2: Graf závislosti velikosti zpoždění na délce rámce

c) Měření kolísání zpoždění

Tabulka 3: Souhrn výsledku měření zpoždění

Délka rámce [B]	Kolísání zpoždění [μs]	Při propustnosti [Mbps]
64	36,46	28,19
128	10,96	55,35
256	0,81	89,97
512	1,27	94,32
1024	0,95	97,10
1280	1,23	97,48
1518	4,75	92,78

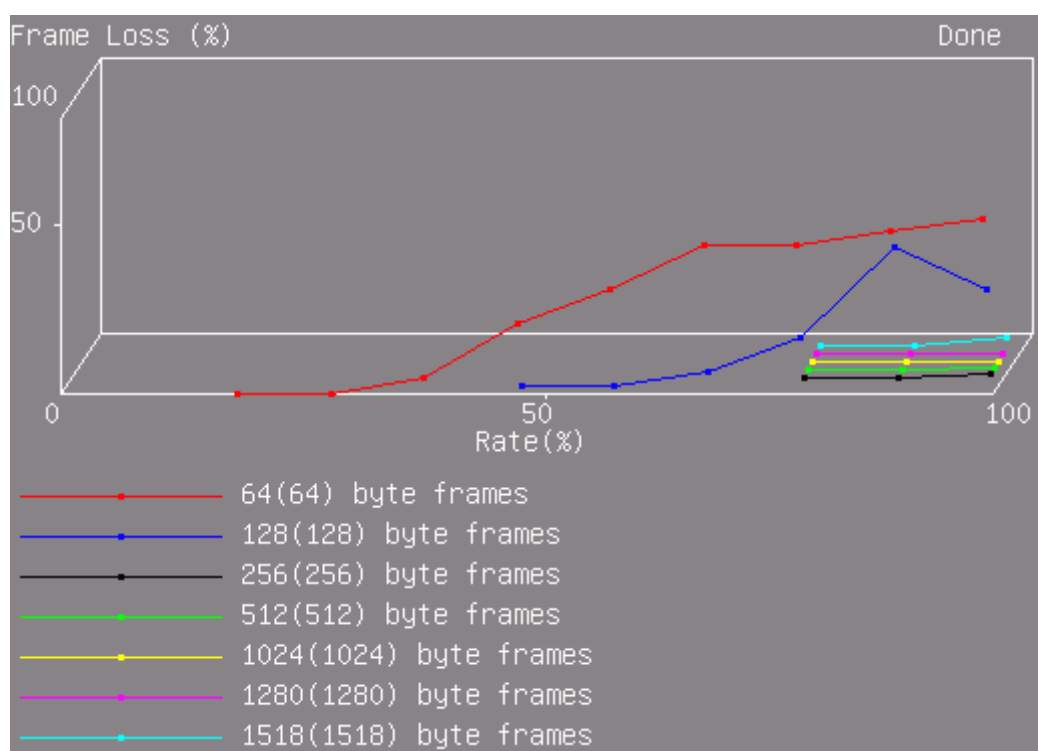


Obrázek 3: Graf závislosti kolísání zpoždění na délce rámce

d) Měření ztrátovosti rámců

Tabulka 4: Souhrn výsledku měření ztrátovosti rámců

Délka rámce [B]	Ztracené rámce [%]	Při propustnosti [%]
64	0	30
128	0	60
256	0	90
512	0	90
1024	0	90
1280	0	90
1518	0	90



Obrázek 4: Graf závislosti ztrátovosti rámců a vytížení linky na délce rámce

e) Měření zatížitelnosti

Tabulka 5: Souhrn výsledku měření zatížitelnosti

Délka rámce [B]	Průměrný počet rámců
64	111948
128	111634
256	88165
512	46433
1024	23832
1280	19158
1518	15782

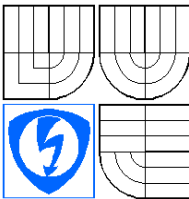
4. Závěr

Propustnost sítě pro délku rámců větších než 256 B je nad 90 %. Zato pro rámce délky 64 B je propustnost pouze 37 %, tj. 28,19 Mbps, z důvodu vysokého zatížení směrovačů. Pokud tedy potřebujeme přenášet data sítí s vysokou přenosovou rychlostí, není vhodné využívat rámce 64 B. Zpoždění sítě se pohybuje od 1,79 ms do 4,31 ms v závislosti na délce rámce. Nejmenší zpoždění vykazuje rámec 256 B a jelikož kolísání zpoždění je u této délky rámce také nejmenší a to 0,81 μ s, proto se jedná o nejvhodnější rámec pro služby založené na přenosu v reálném čase jako je přenos hlasu a videa. Graf z měření ztrátovosti rámců zobrazuje, že při vysokém zatížení linky a malé délce rámce je ztrátovost rámců největší. Tabulka 4 uvádí, při jakém procentním zatížení ke ztrátám rámců nedochází. Tabulka 5 z měření zatížitelnosti udává průměrný počet rámců vyslaných s minimální mezirámcovou mezerou, dokud nenastala ztráta rámce.

5. Odpovědi na otázky

1. Test se skládá z měření propustnosti, měření zpoždění a kolísání zpoždění, měření ztrátovosti rámců a měření zatížitelnosti.
2. Při symetrickém měření vzdálené rozhraní pouze smyčkuje provoz, což má za následek závislost výsledků měření na pomalejším směru (pokud je). Zatímco při asymetrickém měření je každý směr měřen zvlášť a lze pro každý směr nastavit rozdílné parametry.
3. Využívá k tomu pole TTL, které analyzátor nastavuje tak, aby směrovač po jeho snížení na hodnotu 0 odeslal ICMP zprávu o nedostupném portu. Tímto je směrovač zjištěn a s TTL zvýšeným o 1 analyzátor pokračuje dále v trasování.

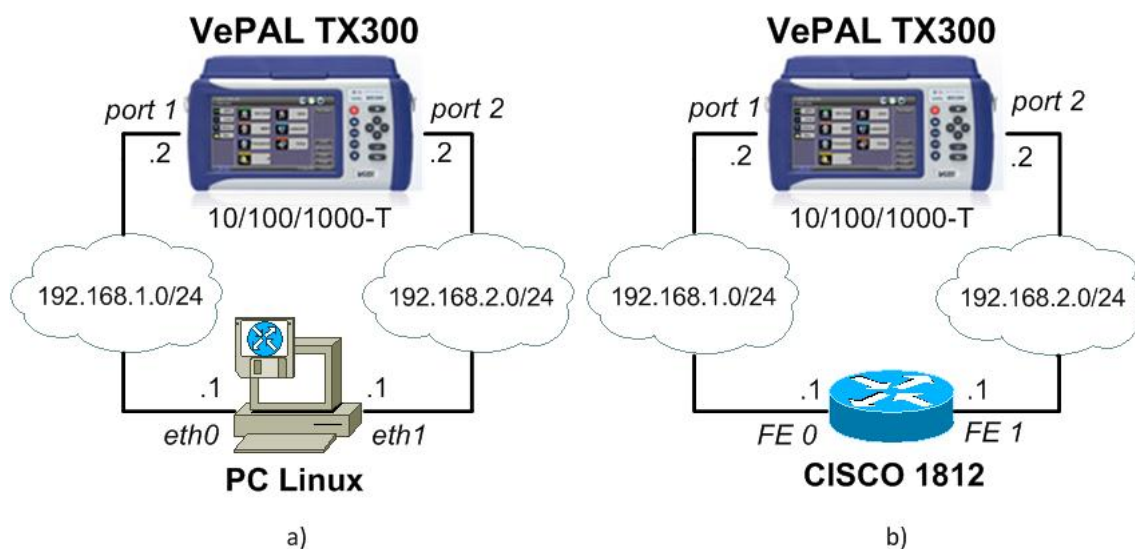
B VZOROVÝ PROTOKOL: POROVNÁNÍ VÝKONNOSTI SMĚROVAČŮ

 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ	Předmět Služby telekomunikačních sítí	
	Jméno Tomáš Ďápal	
	Ročník 3.	Studijní skupina B3TLI
	Spolupracoval	Měřeno dne
Kontroloval	Hodnocení	Dne
Číslo úlohy 2	Název úlohy Srovnání výkonnosti směrovačů	

1. Zadání úlohy

Cílem úlohy je porovnat výkonnostní parametry směrovačů, které jsou řešeny rozdílnými způsoby. V rámci této úlohy je k dispozici směrovač Cisco 1812 a počítač s operačním systémem Linux, distribucí Debian. Nakonfigurujte zařízení a pomocí analyzátoru VePAL TX300 změřte výkonnostní parametry, zejména propustnost, zpoždění, proměnlivost zpoždění. Z výsledků měření porovnejte parametry směrovačů a určete, k jakému použití jsou vhodné.

2. Schéma zapojení

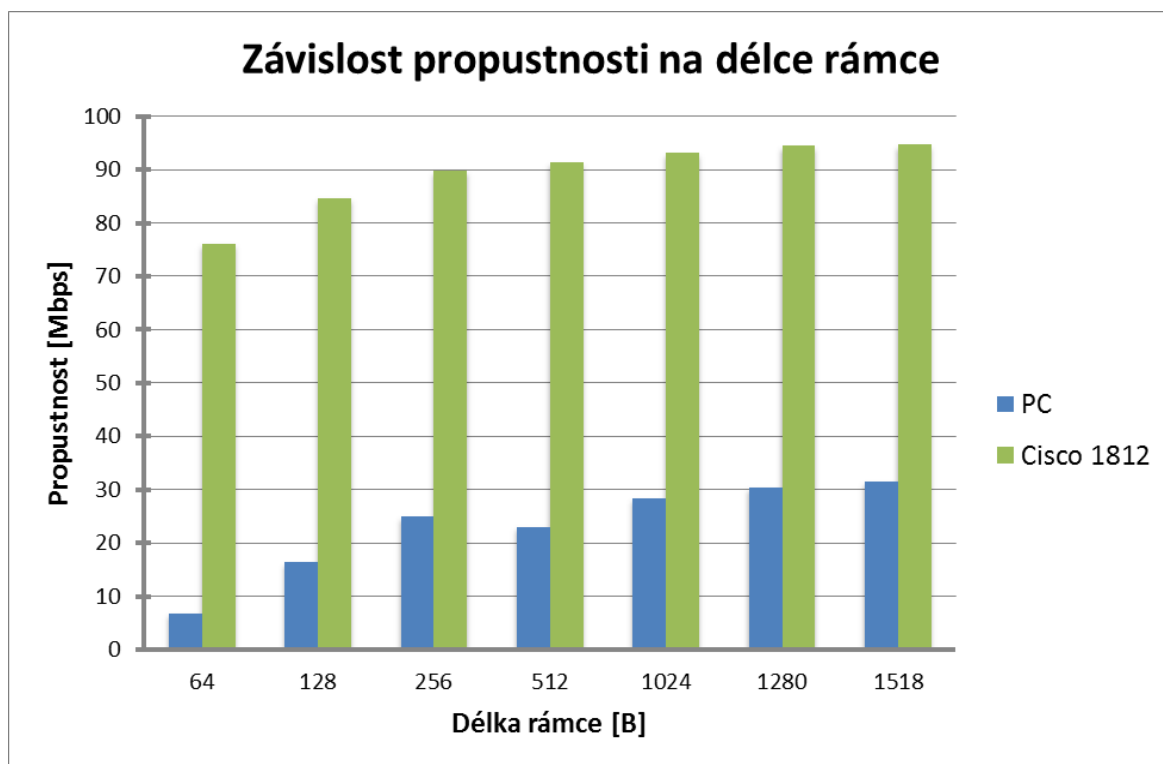


3. Tabulky a grafy

a) Srovnání propustnosti

Tabulka 1: Srovnání výsledků měření propustnosti

Délka rámce [B]	Propustnost			
	PC		Cisco 1812	
	[Mbps]	[FPS]	[Mbps]	[FPS]
64	6,86	13393	76,19	148810
128	16,43	16047	84,76	82770
256	25,04	12228	89,97	43931
512	23,10	5639	91,43	22321
1024	28,44	3472	93,18	11375
1280	30,52	2981	94,52	9231
1518	31,58	2601	94,75	7802

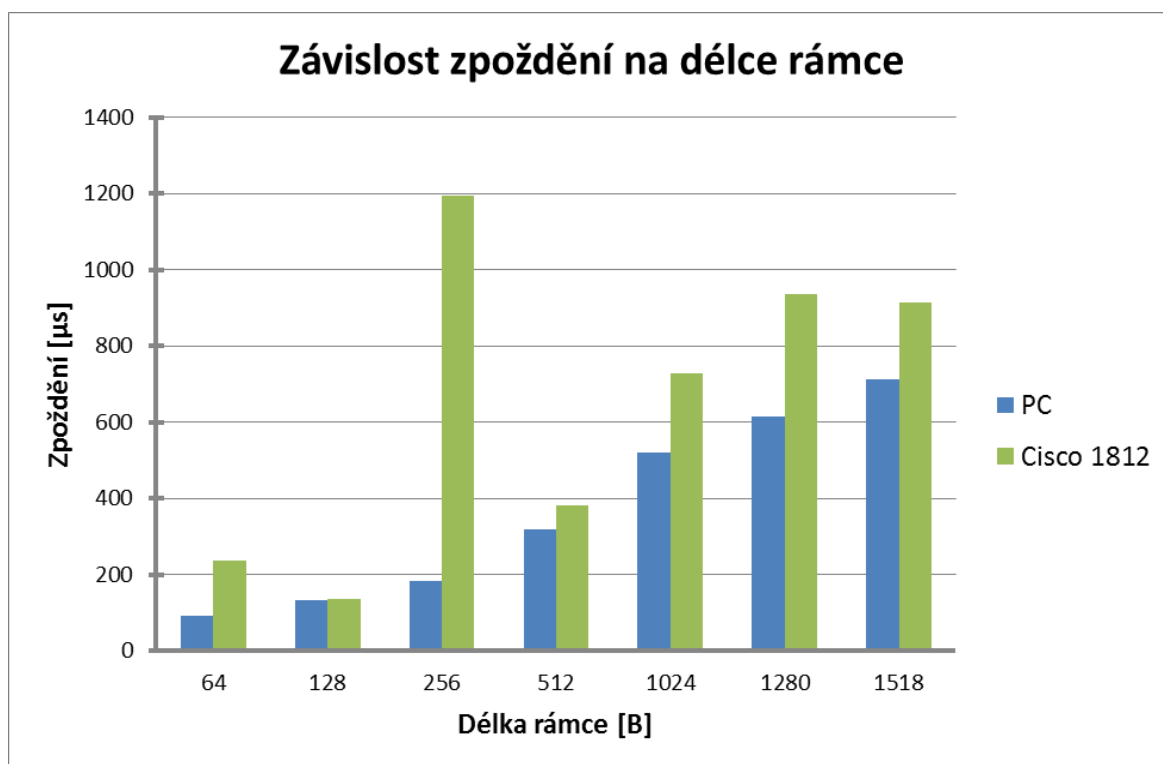


Obrázek 1: Graf srovnávající propustnost v závislosti na délce rámce

b) Srovnání zpoždění

Tabulka 2: Srovnání výsledků měření zpoždění

Délka rámce [B]	PC		Cisco 1812	
	Zpoždění [μs]	Při propustnosti [Mbps]	Zpoždění [μs]	Při propustnosti [Mbps]
64	90,96	6,86	237,38	76,19
128	131,50	16,43	135,76	84,76
256	182,92	25,04	1194,14	89,97
512	319,02	23,10	380,94	91,43
1024	519,86	28,44	726,86	93,18
1280	615,54	30,52	936,80	94,52
1518	711,02	31,58	915,26	94,75

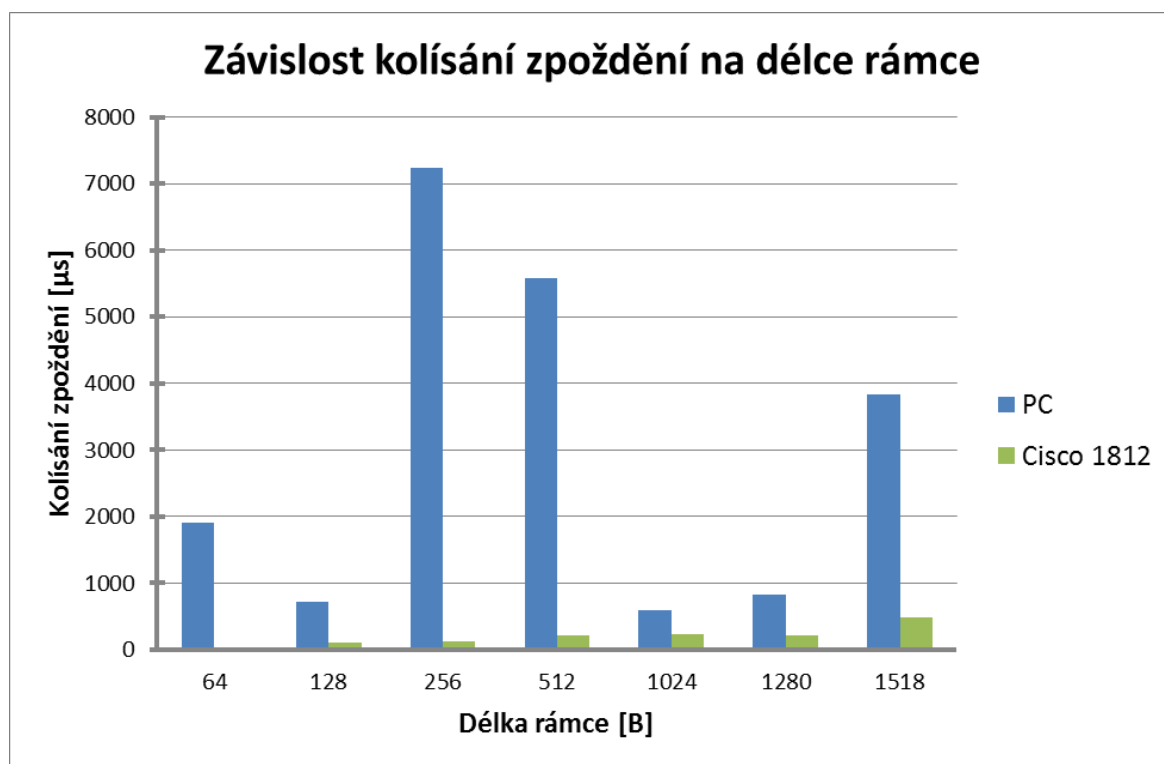


Obrázek 2: Graf srovnávající zpoždění v závislosti na délce rámce

c) Srovnání kolísání zpoždění

Tabulka 3: Srovnání výsledků měření kolísání zpoždění

Délka rámce [B]	PC		Cisco 1812	
	Kolísání zpoždění [μ s]	Při propustnosti [Mbps]	Kolísání zpoždění [μ s]	Při propustnosti [Mbps]
64	1906	6,86	0	76,19
128	713	16,43	112	84,76
256	7229	25,04	119	89,97
512	5586	23,10	207	91,43
1024	592	28,44	232	93,18
1280	822	30,52	217	94,52
1518	3832	31,58	483	94,75



Obrázek 3: Graf srovnávající kolísání zpoždění v závislosti na délce rámce

d) Srovnání zatížitelnosti

Tabulka 4: Srovnání výsledků měření zatížení

Délka rámce [B]	Průměrný počet rámců	
	PC	Cisco 1812
64	19149	1488095
128	10435	167112
256	1	88005
512	2	44916
1024	1	22821
1280	1	18533
1518	1	15785

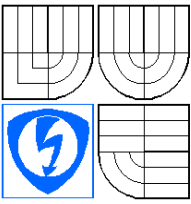
4. Závěr

Z hlediska propustnosti je velký rozdíl mezi testovanými směrovači. Propustnost směrovače Cisco se pohybuje mezi 76 až 95 Mbps, ale pro linuxový směrovač je maximálně 32 Mbps. Ve srovnání zpoždění vykazoval lepší výsledky linuxový směrovač a to o 200 až 300 μ s. Při měření kolísání zpoždění je situace opačná, linuxový směrovač dosahoval kolísání zpoždění až 7,2 ms, naopak Cisco směrovač maximálně 0,5 ms, v závislosti na délce rámce. Z tohoto měření plyne, že linuxový směrovač není vhodný pro směrování paketů náchylných na kolísání zpoždění. Při měření zatížitelnosti se projevila lepší vyrovnávací paměť u směrovače Cisco, dokázala zpracovat vyšší počet rámců. Celkově vzato tedy nelze doporučit linuxový směrovač do sítí se službami v reálném čase, vhodný je jako internetová brána v malých sítích v kombinaci s firewalllem. Naopak Cisco směrovač lze doporučit i do středně velkých sítí a pro směrování služeb v reálném čase a to je nutné si uvědomit, že řada 1800 je pouze nižší řada, tzv. SOHO, určená primárně do malých kanceláří a domácností.

5. Odpovědi na otázky

1. Protože tyto parametry jsou důležité pro služby pracující v reálném čase, jako je televizní vysílání nebo přenosy telefonních hovorů. Při velkých změnách zpoždění (kolísání zpoždění) nastává pokles kvality těchto služeb projevující se například „trháním zvuku“.
2. Pomocí příkazu `ifconfig` (z balíčku `net-tools`), pomocí příkazu `ip` (z balíčku `iproute`) nebo editací souboru `/etc/network/interfaces`.
3. Hlavní módy jsou: uživatelský mód, privilegovaný mód, globální konfigurační mód.

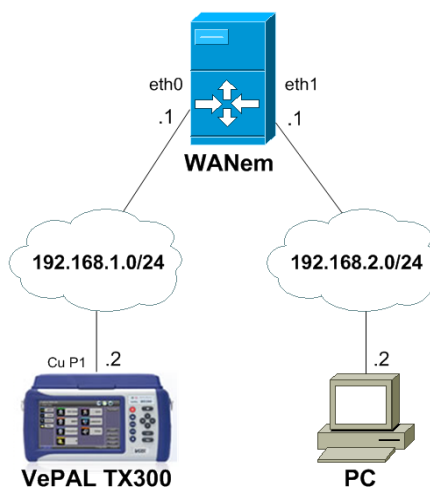
C VZOROVÝ PROTOKOL: ANALÝZA VOIP SPOJENÍ A IPTV VYSÍLÁNÍ

 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ		Předmět Služby telekomunikačních sítí	
		Jméno Tomáš Ďápal	
		Ročník 3.	Studijní skupina B3TLI
		Spolupracoval	Měřeno dne
Kontroloval		Hodnocení	Dne
Číslo úlohy 3	Název úlohy Analýza VoIP spojení a IPTV vysílání		

1. Zadání úlohy

- Využijte na analyzátoru VePAL TX300 funkci VoIP klienta pro analýzu parametrů VoIP spojení. Mezi účastníky zapojte emulátor WANem, na kterém nastavujete různé hodnoty ztrátovosti paketů, zpoždění nebo proměnlivosti zpoždění a sledujte změnu kvalitativních parametrů VoIP spojení.
- Vytvořte IPTV vysílání v programu VLC Media Player. Analyzujte parametry televizního vysílání distribuovaného prostřednictvím protokolu IP. Přesněji využítou šířku pásma pro jednotlivé složky vysílání a druhy snímků a kvalitativní parametry vysílání. Na emulátoru sítě WANem nastavujte různé hodnoty ztrátovosti paketů, zpoždění nebo proměnlivosti zpoždění a sledujte změnu parametrů IPTV vysílání.

2. Schéma zapojení

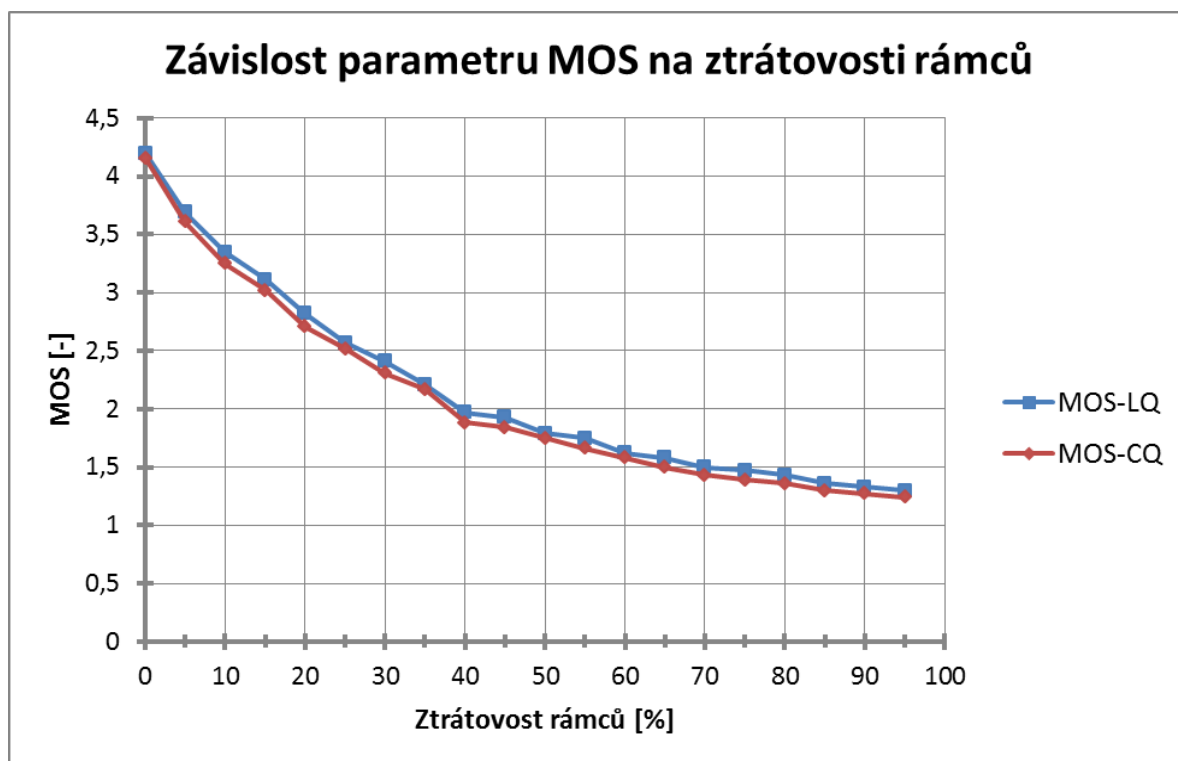


3. Tabulky a grafy

a) VoIP

Tabulka 1: Parametry VoIP spojení

Parametr	Hodnota
MOS-LQ	4,20
MOS-CQ	4,16
R-LQ	93
R-CQ	91
Přenosová rychlost	64 kbps
Ztracené pakety	0 paketů/s
Zahozené pakety	0 paketů/s
Pakety mimo sekvenci	0
Duplikované pakety	0
Průměrné kolísání zpoždění	0,57 ms
Maximální kolísání zpoždění	16,99 ms



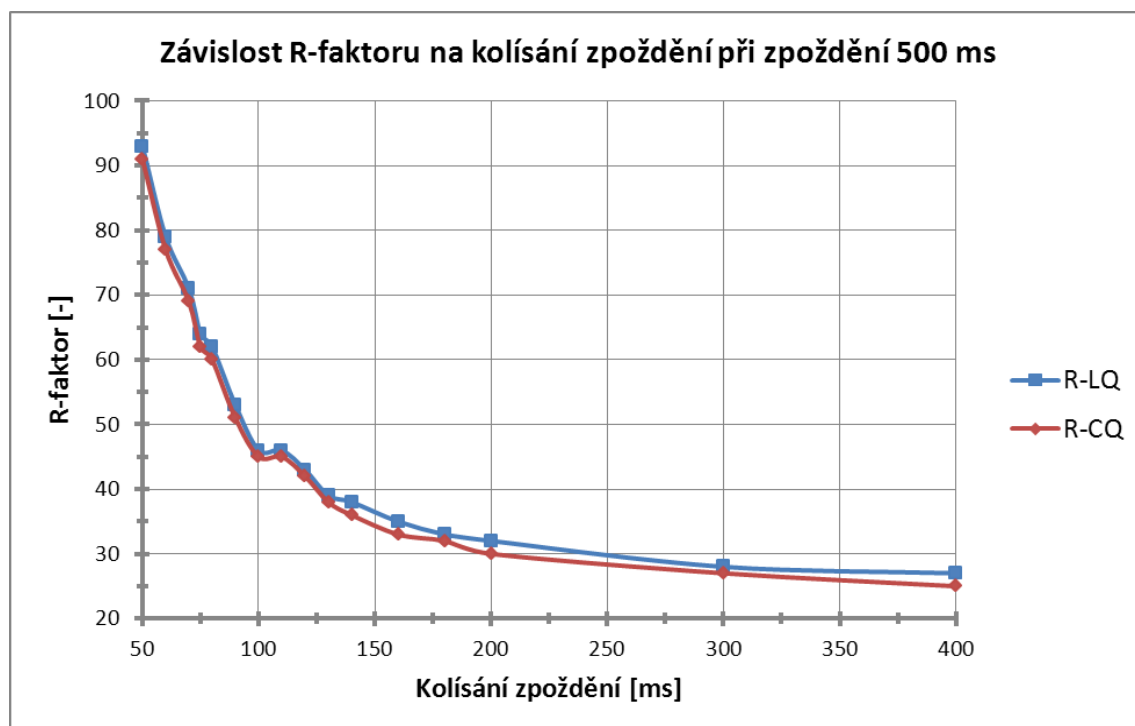
Obrázek 1: Graf závislosti parametru MOS na ztrátovosti rámců

Tabulka 2: Kvalitativní parametry v závislosti na ztrátovosti rámců

Ztrátovost rámců [%]	MOS-LQ	MOS-CQ	R-LQ	R-CQ
0	4,20	4,16	93	91
5	3,69	3,61	76	74
10	3,35	3,25	68	66
15	3,11	3,02	63	61
20	2,82	2,71	57	55
25	2,57	2,52	52	51
30	2,41	2,31	49	47
35	2,21	2,17	45	44
40	1,97	1,88	40	38
45	1,93	1,84	39	37
50	1,79	1,75	36	35
55	1,75	1,66	35	33
60	1,62	1,58	32	31
65	1,58	1,50	31	29
70	1,50	1,43	29	27
75	1,47	1,39	28	26
80	1,43	1,36	27	25
85	1,36	1,30	25	23
90	1,33	1,27	24	22
95	1,30	1,24	23	21

Tabulka 3: Kvalitativní parametry v závislosti na kolísání zpoždění při zpoždění 500 ms

Kolísání zpoždění [ms]	MOS-LQ	MOS-CQ	R-LQ	R-CQ
50	4,20	4,16	93	91
60	3,81	3,73	79	77
70	3,48	3,39	71	69
75	3,16	3,06	64	62
80	3,06	2,96	62	60
90	2,61	2,52	53	51
100	2,27	2,21	46	45
110	2,27	2,21	46	45
120	2,12	2,07	43	42
130	1,93	1,88	39	38
140	1,88	1,79	38	36
160	1,75	1,66	35	33
180	1,66	1,62	33	32
200	1,62	1,54	32	30
300	1,47	1,43	28	27
400	1,43	1,36	27	25



Obrázek 2: Graf závislosti R-faktoru na kolísání zpoždění při zpoždění 500 ms

b) IPTV

Tabulka 4: Aktuální využití šířky pásma

Typ	Využitá šířka pásma		Počet paketů
	[kbps]	[%]	
Celkem	840,48	100	47201
Video	701,36	83	40231
Audio	126,19	15	6228
Tabulky	12,94	2	742

Tabulka 5: Složení transportního toku

Typ	PID	Program	Šířka pásma [kbps]	Počet paketů
PAT	0	1	6,22	357
PMT	66	1	6,71	385
VIDEO	79	1	701,36	40231
AUDIO	78	1	126,19	6228

Tabulka 6: Mapa identifikátorů paketů

Typ	PID	Popis
PAT	0	Program Association Table
PMT	66	Program Map Table
Video	79	ISO 14496-10
Audio	78	ISO 13818-7
CAT	1	Conditional Access Table
NIT	16	Network Information Table

Tabulka 7: Zjištěné kvalitativní parametry

Typ	Minimum	Maximum	Průměr
Absolutní MOS_V	2,45	3,89	3,64
Relativní MOS_V	2,84	3,94	3,70
MOS_AV	3,25	4,70	4,45

Tabulka 8: Zjištěné kvalitativní parametry

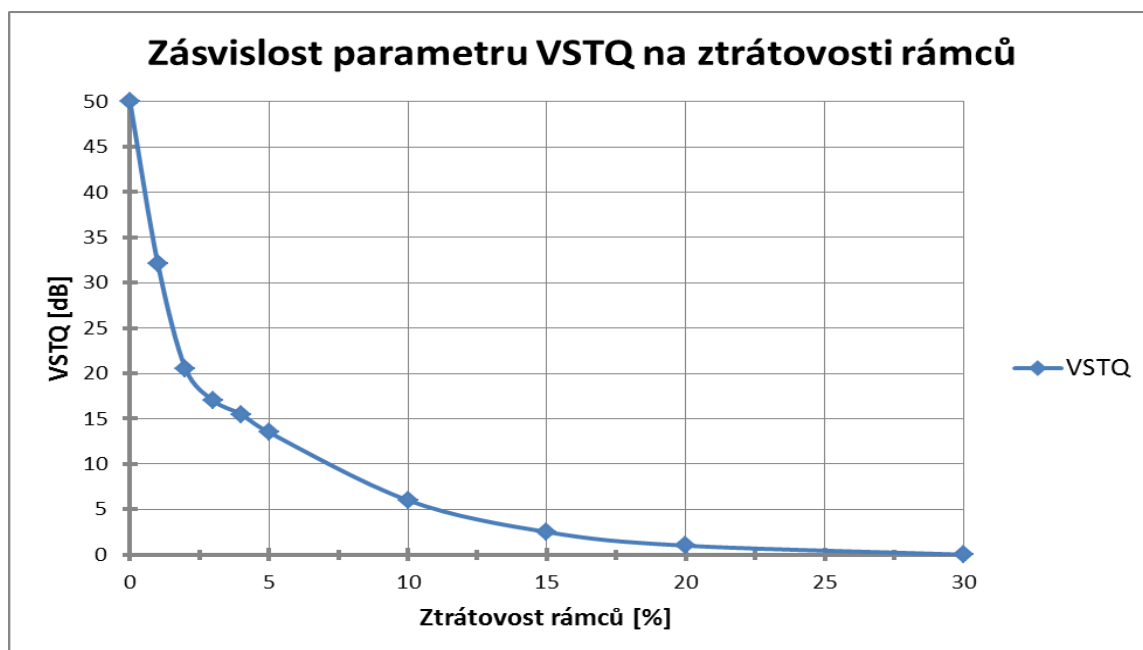
VSTQ	50,00 dB
EPSNR	36,51 dB
EPSNR ATIS	42,58 dB

Tabulka 9: Rozložení snímků videa

Typ	Průměrně využitá šířka pásma	Snímků přijato	Snímků ztraceno
Video	848,08 kbps	-	-
I snímky	1,63 Mbps	26	0
P snímky	943,00 kbps	1317	0
B snímky	510,00 kbps	377	0

Tabulka 10: Závislost kvalitativních parametrů na ztrátovosti rámců

Ztrátovost rámců [%]	Průměrný absolutní MOS_V	Průměrný relativní MOS_V	MOS_AV	VSTQ [dB]	EPSNR [dB]	Průměrný MOS_A
0	3,64	4,45	3,70	50,00	36,71	4,70
1	1,25	2,20	1,87	32,16	33,95	3,87
2	1,25	2,14	1,55	20,50	23,13	3,55
3	1,25	1,38	1,42	17,00	19,85	3,03
4	1,25	1,30	1,38	15,50	19,83	2,45
5	1,25	1,25	1,28	13,50	19,55	2,54
10	1,25	1,25	1,25	6,00	17,59	1,30
15	1,25	1,25	1,09	2,50	14,58	1,12
20	1,00	1,00	1,02	1,00	13,39	1,12
30	1,00	1,00	1,00	0,00	12,71	1,12



Obrázek 2: Graf závislosti parametru VSTQ na ztrátovosti rámců

4. Závěr

Kvalita přenášeného hlasu MOS = 4,2 je dle stupnice dobrá i vzhledem k použitému kodeku G.711 u kterého organizace ITU udává maximální dosažitelnou hodnotu MOS = 4,4. Tento kodek využívá šířku pásma 64 kbps, tato hodnota odpovídá zjištěné. Při měření R-faktoru lze za hraniční kolísání zpoždění považovat 90 ms, protože hodnoty pod 50 jsou u R-faktoru neakceptovatelné. Ale je nutné si uvědomit, že parametry R-faktor i MOS jsou pouze odhadovány ze síťových parametrů, proto je nutné v některých situacích počítat s nepřesnostmi.

Z provedené analýzy IPTV lze zjistit, že dle předpokladu nejvíce využívá šířku pásma obrazová složka toku a to 83 %, lze také zjistit, že jsou přenášeny tabulky využívající 2 % z celkové šířky pásma. Mezi tyto tabulky patří tabulka PAT, která má PID = 0 a protože je přenášen pouze jeden program v rámci transportního toku, tak PAT tabulka odkazuje pouze na jednu tabulku PMT a to identifikátorem PID = 66. V tabulce PMT jsou definovány identifikátory PID jednotlivých složek daného programu. V tomto případě určuje, že video má PID = 79 a audio PID = 78.

Z mapy identifikátorů lze také zjistit, že pod PID = 1 je šířena tabulka podmíněného přístupu. Průměrně využitá šířka pásma koresponduje s nastaveným parametrem bitrate ve VLC na 800 kbps. Ze snímků největší průměrnou šířku pásma využívá snímek I, protože obsahuje nejvíce informací, ale je přenášen méně často než snímky P a B.

Z tabulky 6 lze zjistit, že video je přenášeno dle normy ISO 14496-10 a to znamená ve formátu MPEG-4 a zvuk dle normy ISO 13818-7, která odpovídá standardu AAC.

Z detekovaných chyb dle standardu ETR 290 je nejčastěji detekovanou chybou – chyba Continuity, která nastává při nesprávné posloupnosti přijetí paketů. Další častou chybou je PCR Discontinuity udávající časovou značku v po sobě jdoucích paketech větší než 100 ms. Objevila se také chyba PAT, která je detekována, pokud není přijata tabulka každých 0,5 s.

5. Odpovědi na otázky

1. Subjektivní hodnocení provádí skupina osob, která hodnotí dle svého dojmu. Objektivní hodnocení je prováděno matematickým výpočtem porovnávající výstupní signál z přenosové cesty se vstupním signálem.
2. Existují tři druhy a to subjektivní, objektivní a odhadovaná. Pro každý druh se ještě rozlišuje poslechová a konverzační varianta.
3. V případě ztrát I snímků bude parametr MOS_V horší (nižší), protože I snímek přenáší více informací než P snímek, který přenáší pouze rozdíly a ztráta tohoto snímku nezpůsobí takovou ztrátu kvality.